

Министерство образования и науки Российской Федерации

Международная академия наук высшей школы

Санкт-Петербургское отделение

Центральный экономико-математический институт РАН

Центр по изучению проблем информатики

Института научной информации по общественным наукам РАН

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова-Ленина

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

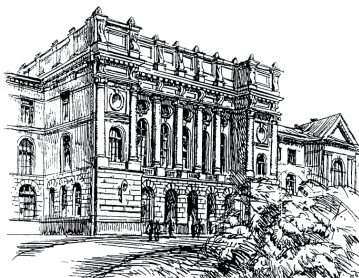
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕТРА ВЕЛИКОГО

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Сборник научных трудов
XXI Международной научно-практической конференции
29–30 июня 2017 года

Часть 1



Санкт-Петербург
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации

Международная академия наук высшей школы

Санкт-Петербургское отделение

Центральный экономико-математический институт РАН

Центр по изучению проблем информатики

Института научной информации по общественным наукам РАН

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова-Ленина

Санкт-Петербургский государственный экономический университет

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

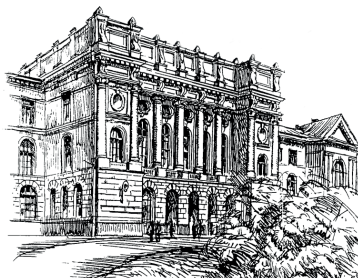
ПЕТРА ВЕЛИКОГО

ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Сборник научных трудов
XXI Международной научно-практической конференции
29–30 июня 2017 года

Часть 1



Санкт-Петербург
2017

Системный анализ в проектировании и управлении : сб науч. тр. XXI Междунар. науч.-практ. конф. 29–30 июня 2017 года. Ч. 1. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 464 с.

В сборник научных трудов научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», проводимой Санкт-Петербургским политехническим университетом Петра Великого совместно с Южным Федеральным университетом, Санкт-Петербургским отделением Международной академии наук высшей школы, Центральным экономико-математическим институтом РАН, Центром по изучению проблем информатики Института научной информации по общественным наукам РАН, Санкт-Петербургским государственным электротехническим университетом «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова-Ленина и Санкт-Петербургским государственным экономическим университетом, включены работы ведущих ученых, работающих в области теории систем и системного анализа, из ряда вузов и организаций России, Украины, Великобритании, Италии, Норвегии, США, Финляндии, Эстонии.

Включенные в сборник статьи сгруппированы по различным теоретическим и прикладным направлениям.

Председатель Оргкомитета конференции – научный руководитель СПбПУ академик РАН, д-р техн. наук, профессор **Ю. С. Васильев**.

Сопредседатели Оргкомитета конференции:

Заместитель председателя СПб. отделения МАН ВШ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ **В. Н. Козлов**; член МАН ВШ, д-р экон. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ **В. Н. Волкова**, д-р экон. наук, профессор ЮФУ, заслуженный работник высшей школы РФ **В. Е. Ланкин**.

Члены Оргкомитета: чл.-кор. РАН, д-р экон. наук, проф. (зам. директора ЦЭМИ РАН, Москва) **Г. Б. Клейнер**; чл.-кор. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. **И. А. Брусакова** (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»); член МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. **Г. В. Горелова** (ЮФУ, г. Таганрог); д-р экон. наук, проф. **С. В. Гриненко** (ЮФУ, г. Таганрог); канд. физ.-мат. наук, доц. **А. А. Ефремов** (СПбПУ); д-р экон. наук, проф. **И. А. Кацко** (Кубанский гос. аграрный университет, г. Краснодар); чл.-кор. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. **Б. Л. Кукор** (СПбГЭУ); член МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. **Ю. И. Лыпарь** (СПбПУ); д-р техн. наук, ст. науч. сотр., проф. **С. Г. Редько** (СПбПУ); чл.-корр. МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. **А. Н. Фирсов** (СПбПУ); член МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. **Л. В. Черненко** (СПбПУ); руководитель Центра по изучению проблем информатики ИНИОН РАН, канд. филос. наук **Ю. Ю. Черный** (ИНИОН РАН, Москва); член МАН ВШ и МАОР, д-р экон. наук, проф. **Г. П. Чудесова** (СПБИТМО); чл.-кор. МАН ВШ, д-р экон. наук, проф. СПбГЭУ **Е. А. Яковлева** (СПбГЭУ).

Зарубежные члены Оргкомитета: Professor of Ostfold University College **J-E. Andreasen** (Норвегия); д-р техн. наук, профессор-сенатор Морской Академии Польши, член комиссии Польской Академии наук по проблемам организации и управления **И. Б. Арефьев** (Польша); Doctor of Economics, Professor of Montclair State University **Leon Bazil** (США); д-р экон. наук, профессор Берлинского института прикладных наук **В. Бобров** (Германия); профессор, эксперт Европейского совета по бизнес-образованию (ЕСВЕ) **Bob Johnson** (Великобритания); Dr., Prof. **B. Fleishman** (США); канд. экон. наук, аспирант Академии Або (Åbo Akademi University) **И. А. Кульков** (г. Турку, Финляндия); член МАН ВШ, д-р техн. наук, проф. **Н. Д. Панкратова** (Институт прикладного системного анализа, г. Киев, Украина); Dr., Prof. **Reinhold Wessely** (Austria, Vena); Speaker's Biographical Information Department of Mathematics and Statistics Curtin University of Technology **V. Rumchev** (Австралия).

Ученые секретари конференции — чл.-корр. МАН ВШ, канд. техн. наук, доцент СПбПУ **С. В. Широкова**, канд. экон. наук, доцент СПбПУ **А. В. Логинова**.

Научно-педагогическая школа «Системный анализ в проектировании и управлении» объединяет ученых, развивающих теорию систем и системного анализа в различных вузах России и других стран.

Школа считает себя преемницей:

школы Московского энергетического института, в котором д-р техн. наук, профессор **Федор Евгеньевич Темников** (1906–1993) создал в 1970 году первую в стране кафедру по направлению теории систем и системных исследований — кафедру Системотехники; ученицей **Ф.Е. Темникова** является один из основателей и научных руководителей школы «Системный анализ в проектировании и управлении» в Политехническом университете кандидат технических, доктор экономических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ **Виолетта Николаевна Волкова**, работающая в Политехническом с 1980 года;

школы Ленинградского политехнического института (ныне Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого), в котором с 1973 года на факультете технической кибернетики д-р технических наук, профессор (в последующем — заслуженный деятель науки РФ) **Анатолий Алексеевич Денисов** (1934–2010) исследовал общность процессов в системах различной физической природы и предложил теорию информационного поля и информационный подход к анализу систем.

В 1994 году д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Владимир Николаевич Козлов** переименовал возглавляемую им кафедру Технической кибернетики в кафедру «Системный анализ и управление» и открыл совместно с заслуженным деятелем науки и техники РФ, д-ром физ.-мат. наук, профессором **Владимиром Александровичем Троицким** новое одноименное направление подготовки бакалавров и магистров многоуровневой системы высшего профессионального образования, что сыграло важнейшую роль в становлении в Политехническом университете научно-педагогической школы «Системный анализ в проектировании и управлении».

Научные результаты школы представлены в ежегодно выпускаемых сборниках научных трудов, в коллективных учебниках и монографиях, подготовленных участниками этих конференций.

В настоящее время это направление развивается в Высшей школе киберфизических систем и управления Института компьютерных наук и технологий СПбПУ как научное направление подготовки бакалавров и магистров по направлению: 27.04.03 «Системный анализ и управление»

(научный руководитель основной образовательной программы — канд. физ.-мат. наук, доцент **Артем Александрович Ефремов**).

Важным достоинством школы является развитие методологических основ и терминологического аппарата теории систем и системного анализа на основе широкого спектра математических методов. Большое влияние на реализацию и распространение этой концепции оказывают учебные пособия кафедры «Системный анализ и управление», и в частности, учебное пособие **В. Н. Козлова** «Системный анализ, оптимизация и принятие решений» (М.: Изд-во «Проспект», 2010) и учебник «Моделирование систем» (под ред. **В. Н. Волковой** и **В. Н. Козлова**), изданный в 2013 г. и переизданный уже в 2016 г. в издательстве «Юрайт». В числе авторов учебника вошли ученые других вузов, принимающие активное участие в ежегодно проводимых школой конференциях «Системный анализ в проектировании и управлении».

Проводимые ежегодно конференции способствуют развитию идей теории систем и системного анализа и их использованию в учебных планах и программах не только нашего вуза, но и других вузов страны. В 2015–2017 гг., по данным РИНЦ, **В. Н. Волкова** входит в Топ-100 самых цитируемых ученых по направлению «Информатика» (29-я в списке, более 1800 цитирований), наиболее часто цитируется подготовленный ею совместно с **А. А. Денисовым** учебник «Теория систем и системный анализ», изданный впервые в 1997 г. в Политехническом и неоднократно корректируемый и переиздаваемый в издательствах «Высшая школа» и «Юрайт», этот учебник удостоен знака «Выбор вузов».

Ученики научной школы успешно применяют полученные знания и теоретические результаты в своей практической деятельности. И я надеюсь, что это приносит им удовлетворение. Школа выполняет важную миссию по подготовке научных кадров высшей квалификации. За период ее становления и функционирования защищено по тематике школы и смежным направлениям 13 докторских и более 50 кандидатских диссертаций.

Председатель Оргкомитета конференции
Академик РАН
Ю. С. Васильев

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 303.732

Васильев Юрий Сергеевич,

д-р техн. наук, профессор, академик РАН.

Козлов Владимир Николаевич,

д-р техн. наук, профессор.

Волкова Виолетта Николаевна,

д-р экон. наук, профессор

КИБЕРНЕТИКА – ТЕОРИЯ СИСТЕМ – КИБЕРФИЗИКА

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

saiu@ftk.spbstu.ru

Аннотация. Излагается краткая история возникновения и трансформации названий междисциплинарных научных направлений, которые объединяют независимо развивающихся дисциплин для получения с их помощью новых эмерджентных результатов. Показано, что первоначально эти направления возникали на философской основе как теоретические, а в настоящее время иницируются новыми технологиями. Предлагается точка зрения авторов по поводу использования этих направлений в учебных планах и программах подготовки бакалавров и магистров.

Ключевые слова: кибернетика, киберфизика, киберфизические системы, системный анализ, теория систем, управление.

Jury S. Vasiljev,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Academic RAN,

Vladimir N. Kozlov,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Violetta N. Volkova,

Dr. of Economics, Professor

CYBERNETICS – SYSTEMS THEORY – CYBER-PHYSICS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University t,

St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29.

saiu@ftk.spbstu.ru

Abstract. A brief history of the emergence and transformation of the names of interdisciplinary scientific directions is presented, which unite independently developing disciplines in order to obtain new emergent results

with their help. It is shown that initially these directions arose on a philosophical basis as theoretical, and now are being initiated by new technologies. A point of view of the authors is proposed concerning the use of these directions in curricula and programs for the preparation of bachelors and masters.

Keywords: cybernetics, cyber-physics, cyber-physical systems, system analysis, system theory, control.

0. Введение

С развитием науки и практики появляется потребность в возникновении междисциплинарных научных направлений и новой терминологии. Для того чтобы понимать необходимость введения терминов, их взаимосвязи с предшествующими сходными понятиями, важно осмысливать историю и причины появления новых терминов, различные точки зрения по поводу целесообразности замены прежних и использования новых.

В данной статье проводится краткий обзор истории возникновения названий междисциплинарных научных направлений и их трансформация. Предлагается точка зрения авторов по поводу использования терминов в учебных планах и программах подготовки бакалавров и магистров.

1. Возникновение междисциплинарных научных направлений

К середине XX века по мере развития производственных процессов, науки и технологий стало резко увеличиваться число комплексных проектов и проблем, требующих участия специалистов различных областей знаний. Появилась потребность в обобщающих, междисциплинарных научных направлениях.

Традиционно считают, что первой междисциплинарным направлением является «исследование операций» (*operations research*), инициированное исследованиями в военной сфере и занимающееся постановкой задач с учетом многокритериальности, отбора релевантных факторов, разработкой вариантов решения, нахождением оптимальных решений на основе использования различных методов: математического моделирования, статистических методов, эвристических подходов в различных областях деятельности. В то же время это направление объединило методы принятия решений, но не поставило задачу исследования общности процессов в различных сферах, изучаемых ранее разными специальными дисциплинами, и выработки междисциплинарных понятий.

Первым междисциплинарным направлением, основанным на идеях общности процессов в различных средах и науках, явилась *кибернетика*. Идея создания этого направления появилась на объединенном совещании инженеров, физиологов и математиков в конце 1943 – 1944 гг., организо-

ванном **Н. Винером** совместно с **Дж. фон Нейманом** в Принстоне, на котором была предпринята попытка создания единой науки об управлении в живых организмах и технических системах («в животном и машине» в формулировке Винера [1]), выработки общей терминологии для различных наук. Для названия науки выбран был термин «**кибернетика**», который использовался в Древней Греции в теории государства **Платоном** (κυβερνήτης – кормчий, рулевой, правитель). В XIX веке **А. М. Ампер** [2] в фундаментальном труде «Опыт о философии наук» (1834–1843) в своей классификации наук поместил кибернетику в раздел политики вместе с теорией власти, что позволило многим исследователям считать кибернетику наукой об управлении государством и другими территориальными образованиями. В этот же период польский философ **Б. Ф. Трентовский** спользовал термин «кибернетика» в книге «Отношение философии к кибернетике, или искусству править народом», изданной в 1843 г., и в его концепции термин «*кибернет* – *cybernet*» означает «*правитель*». Но при создании новой науки название ее образовано от термина **К. Максвелла** «*governor*» (*регулятор*) [1, с. 54-55], и в таком значении стал известен после публикации книги **Н. Винера** в 1948 г. в Париже и американском Кембридже.

Идеи теории систем **Л. фон Берталанфи** были впервые высказана им даже раньше, чем **Н. Винером**, в 1937 г. на семинаре по философии в Чикагском университете. Однако его публикации появились только после Второй мировой войны [3], а в нашей стране стали известны позднее, чем идеи кибернетики, когда были изданы сборники работ по теории систем [4, 5].

Основой теории систем **Л. фон Берталанфи** является *организмический* подход к биологическим и социальным объектам и явлениям, в соответствии с которым исследование частей таких объектов не дает возможность понять свойства целого (в последующем эта закономерность названа закономерностью *эмерджентности*) и введение понятия «открытая система» – система, постоянно обменивающиеся веществом, энергией и информацией с внешней средой [6].

В нашей стране вначале теорию систем активно развивали философы. Ими были разработаны концептуальные основы, терминологический аппарат, исследованы закономерности функционирования и развития сложных систем, поставлены другие проблемы, связанные с философскими и общенаучными основами системных исследований. Философами был предложен ряд вариантов теории систем (**В. Н. Садовский**, **А. И. Уёмов**, **В. С. Тюхтин**, **Ю. А. Урманцев** и др. (см. ссылки и более подробный обзор в работах [7, 8].).

Однако философская терминология не всегда легко преломляется к практической деятельности. Поэтому потребности практики привели к тому, что в 60-е гг. XX в. при постановке и исследовании сложных проблем проектирования и управления довольно широкое распространение получили термины:

- *системотехника*, предложенный при переводе книги **Г. Гуда** и **Р. Макола** «*System Engineering*» [9] в 1961 г. **Ф. Е. Темниковым** (основателем первой в стране кафедры, развивающей теорию систем, созданной в Московском энергетическом институте и названной кафедрой Системотехники) и широко используемый в последующем применительно к техническим системам;

- *системологи* (от др.-греч. σύνστημα – целое, составленное из частей; λόγος – «слово», «мысль», «смысл», «понятие»), предложенный в 1965 г. **И. Б. Новиком** и широко использовался **Б. С. Флейшманом** [10], **В. Т. Куликом** [11] **В. В. Дружининым** и **Д. С. Конторовым** для исследования систем технической, биологической природы, лингвистических аспектов кибернетики и теории систем (см. ссылки в [7]).

Поскольку теорию систем исходно и до сих пор в библиотечных классификациях относят к философским наукам, для прикладных исследований стали возникать другие термины. Вначале применяли термин «*системный подход*». В последующем и в настоящее время прикладным направлением теории систем считается «*системный анализ*», который впервые появился в работах корпорации RAND в связи с задачами военного управления в 1948 г. [12], а в отечественной литературе получил распространение после перевода книги **С. Оптнера** "Системный анализ деловых и промышленных проблем" [13], и в 1980-е гг. был включен в учебные планы инженерных специальностей заместителем Министра высшего и среднего специального образования того периода **Ф. И. Перегудовым** [14].

Термин «*системный анализ*» используется в публикациях неоднозначно. В одних работах системный анализ определяется как «*приложение системных концепций к функциям управления, связанным с планированием*» [15. с.38] или даже со стратегическим планированием и целевой стадией планирования [16]. В других – употребляется как синоним термина "анализ систем" или "системное управление организацией". Однако, независимо от того, применяется термин "системный анализ" только к формированию целей и функций системы, к планированию, или к исследованию системы в целом, включая и цели, и организационную структуру, работы этого направления отличаются от других направлений системных исследований тем, что в них предлагается *методика* проведения системного исследования, организации процесса принятия решения,

делается попытка предложить подходы к выполнению этапов методики в конкретных условиях. И второе важное отличие – работа с *целями* (их исследование, формулирование, структуризация или декомпозиция). При этом разработка методики и выбор методов и приемов выполнения ее этапов базируется на использовании понятий и закономерностей теории систем.

Отечественными специалистами по математике, техническим наукам, экономике был предложен ряд направлений и методов теории систем [7, 8, 10, 14, 17–31 и др.]. Параллельно развивался ряд направлений, родственных теории систем: *имитационное моделирование, ситуационное моделирование, синергетика, информационный подход, когнитивное моделирование* (см. обзор в [7, 31]).

Для обобщения дисциплин, связанных с исследованием и проектированием сложных систем, используются термины *системные исследования, системный анализ*, а иногда сохраняется термин *системный подход*, который широко применялся в первые годы становления теории систем в двух смыслах – в смысле методологического направления философии, и в прикладном аспекте, как синоним понятия комплексный подход.

В конце XX века для исследования роли «кондратьевских волн» в развитии систем, российские экономисты академик РАН **Д. С. Львов** и **С. Ю. Глазьев** предложили концепцию «технологического уклада» [32]. Начиная с 1770 г. общество прошло через пять волн технологических инноваций. С 2010 г. формируется шестая волна, которой стали нано-, био-, информационные технологии, когнитивные технологии – НБИК-технологии и киберфизические системы.

2. Кибернетическая физика и киберфизические системы

К концу 1990-х годов сформировалась новая область на стыке физики и кибернетики, в которой исследования физических процессов и систем проводятся с привлечением идей кибернетических методов, т. е. методов теории управления (кибернетики). Термин *кибернетическая физика*, был предложен, в работах **А. Л. Фрадкова** [33, 34].

Физические системы понимаются широко: как системы не только неживой, но и живой (биологические, химические и т. д.), природы или искусственно созданные системы, принципы функционирования (в терминологии этого направления – «физика») которых достаточно изучены и имеются математические модели, пригодные для постановки кибернетических задач. Под кибернетическими методами понимаются методы решения задач управления с использованием фундаментальных принципов управления, методов адаптации, фильтрации, оптимизации, передачи сигналов, распознавания образов и др.

Термин «киберфизические системы» (*Cyber-Physical System – CPS*) предложен в США. В ряде работ (например, в [35] есть информация о том, что термин предложила в 2006 году *Хелен Джилл*, в то время директор по встроенным и гибридным системам в Национальном научном фонде США, желая подчеркнуть отличительную особенность организованного ею семинара *NSF CPS Workshop*, пересмотреть роль встроенных систем.

Предшественниками CPS считают *встроенные системы реального времени, распределенные вычислительные системы, автоматизированные системы управления техническими процессами и объектами, беспроводные сенсорные сети*. Термин CPS предложен для обозначения комплексов, состоящих из различных природных объектов, искусственных систем и управляющих контроллеров, объединяемых в единое целое.

В настоящее время киберфизическая система определяется как информационно-технологическая концепция, подразумевающая интеграцию *вычислительных ресурсов и физических процессов*. В такой системе датчики, оборудование и информационные системы соединены с помощью стандартных интернет-протоколов для прогнозирования, самонастройки и адаптации к изменениям. С такими системами связаны проблемы модернизации производства и экономики. Причины, вызвавшие необходимость возникновения нового термина, объясняют тем, что внедряемые информационные технологии и встроенные системы изменили организацию управления, но не повлияли кардинально на технологии создания продукта.

Киберфизические системы относят к проекту немецкого правительства Industry 4.0 по компьютеризации промышленности, т. е. к четвёртой промышленной революции [36], которая связана с развитием цифровой технологии и основана на взаимном проникновении информационных технологий и промышленности.

Области применения CPS сформулированы в зарубежных работах в терминах, которые при переводе на русский язык смотрятся несколько экзотически: «умное производство» (*Smart Manufacturing, SM*), «умное энергоснабжение» или «умные сети» (*Smart Grids*), «умные здания и сооружения» (*Smart Buildings*), конструкции с минимальным или вообще нулевым потреблением энергии (*Net-Zero Energy, NZE*); «умное здравоохранение»; «умные транспортные системы» (*Smart Transportation*), обеспечивающие связь между машинами (*Vehicle-to-Vehicle, V2V*), между машиной и внешней окружающей ее инфраструктурой (*Vehicle-to-Infrastructure, V2I*), позволяющие повысить пропускную способность дорог, снизить аварийность и загрязнение окружающей среды. Возник даже термин *smart-learning* – «умное обучение».

Имеются сведения о быстром принятии CPS в развитых странах, получающем господдержку. Это объясняют тем, что CPS важны для обеспечения национальных интересов, национальной безопасности, являются существенной частью новейших технологий.

Потребность в создании CPS связывают также с ограниченными когнитивными способностями человека, которые эволюционируют медленнее, чем машины, и может наступить момент, когда человек будет не в состоянии справиться с объемом информации, требуемой для принятия решений, и какую-то часть не только обработки информации, но и принятия решения нужно передать CPS, выведя человека из контура управления (*human out of loop*). В то же время в ряде случаев CPS могут усилить аналитические способности человека, поэтому есть потребность в создании интерактивных систем нового уровня, сохраняющих человека в контуре управления (*human in the loop*).

Существуют технические предпосылки, делающие создание CPS возможным:

1) рост числа устройств со встроенными процессорами и средствами хранения данных: сенсорные сети, работающие во всех протяженных технических инфраструктурах; медицинское оборудование; «умные» дома и т. д.;

2) интеграция технологий, позволяющая достигнуть нового эффекта, эмерджентности путем объединения отдельных компонентов в большие системы: интернет вещей, *World Wide Sensor Net*, *Smart Building Environment*, оборонные системы будущего;

3) методология кибернетической физики основана на хорошо разработанных методах теории управления: методах линейного и нелинейного программирования, оптимального, робастного, адаптивного управления; методах идентификации параметров, методах фильтрации и оценивания состояний, методах оптимизации систем.

В то же время идеологи разработки киберфизических систем понимают, что пока создание CPS находится на уровне академических исследований и лабораторных разработок.

Кроме того, для реализации потенциала киберфизических систем требуются специалисты, обладающие широким диапазоном знаний – от кибернетики и теории систем до программирования и системной инженерии. Некоторые исследователи считают, что для создания систем, способных работать в реальном мире, нужна новая дисциплина — *проектирование моделей (model engineering)* [34]. Такая дисциплина позволит преодолеть ряд фундаментальных проблем, возникающих при создании CPS, – например, потребуется пересмотреть такие понятия, как надежность, детерминированность, время. Состав системы может изменяться

во времени, и компоненты и связи между ними не обладают абсолютной надежностью. При создании CPS предстоит использовать разнообразные языковые средства, разные ОС и задействовать все возможности процессорных архитектур [34].

Заключение

Проведенный краткий обзор существующего состояния развития междисциплинарных направлений позволяет сделать некоторые выводы.

1. Киберфизику можно считать развитием технической кибернетики, которая была ориентирована на применение кибернетических моделей для развития теории автоматического управления, исследования проблем надежности, устойчивости и т. д., для моделирования которых постепенно привлекались все более сложные математические методы, вплоть до моделей нелинейной динамики. При этом концепция киберфизики существенно расширяет понятие физики не только до применения новых разделов современной физики, но и до живой природы или искусственно созданных систем, использующих принципы живой природы.

2. Концепция киберфизических систем основана на интеграции *вычислительных ресурсов* и *физических процессов* с целью достижения эмерджентности, появления принципиально новых возможностей у создаваемых CPS. При этом теории систем создавалась для объяснения эмерджентных свойств системы (эмерджентность была в числе первых закономерностей, сформулированных *Л. фон Берталанфи*) на основе теоретических исследований, а концепция киберфизических систем возникла на основе развития технологий. В то же время идеологи разработки киберфизических систем понимают, что создание CPS недостаточно исследовано, в том числе в плане понимания последствий создания и широкого внедрения таких систем, и что для реализации потенциала CPS требуются специалисты, обладающие широким диапазоном знаний – от кибернетики и теории систем до программирования и инженерии.

3. С учетом вышесказанного следует, видимо, считать киберфизику одним из направлений развития кибернетики. А киберфизические системы – одним из классов общей теории систем.

Список литературы

1. **Винер Н.** Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / пер. с англ. И. В. Соловьева под ред. Г. Н. Поварова. М.: Советское радио, 1958. – 214 с. *Wiener N.* Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine. The Technology Press and John Wiley & Sons, Inc., New York – Hermann et Cie, Paris, 1948.
2. **Поваров Г. Н.** Ампер и кибернетика. – М.: Советское радио, 1977. – С. 55.

3. **Bertalanffy L. von.** Vom Sinn und der Einheit der Wissenschaften // “Der Student”, Wien, vol 2, 1947, № 7 – 8; **Bertalanffy L. von.** Zu einer allgemeinen Systemlehre // “Biologia Generalis”, vol. 19, 1949, S. 114-129.

4. **Общая** теория систем / Пер. с англ. **В. Я. Ахтаева** и **Э. Л. Нанпельбаума.** – М.: Мир, 1966. – 187 с. PlatonaNet.org.ua.

5. **Исследования** по общей теории систем: Сб. переводов / Общ. ред. и вступит. Статья **В. Н. Садовского** и **Э. Г. Юдина.** – М.: Прогресс, 1969. – 520 с.

6. **Берталанфи Л. фон.** Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23–82... **Bertalanffy L. von.** General System Theory – a Critical Review // General System, vol. VII, 1962, p. 1–17; **Берталанфи Л. фон.** История и статус общей теории систем // Системные исследования: Ежегодник, 1972. – М.: Наука, 1973. – С. 20–37; **Bertalanffy L. von.** General System Theory // “General System”, vol. 1. 1956. p 1–10.

7. **Волкова В. Н.** Из истории теории систем и системного анализа . – СПб.: Изд-во Изд-во СПбГПУ, 2004. 288 с. log-in.ru/Библиотека/volkova-v-n-iz-istorii.

8. **Козлов В. Н., Волкова В. Н.** Становление, развитие и современное состояние теории систем // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XX Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 480 с. – С. 5–25.

9. **Гуд Г. Х., Макол Р. Э.** Системотехника. Введение в проектирование больших систем, пер. с англ., М., 1962 (Goode, Harry H., Robert E. Machol. System Engineering: An Introduction to the Design of Large-scale Systems, 1957).

10. **Флейшман Б. С.** Основы системологии. – М.: Радио и связь, 1982. – 272 с

11. **Кулик В. Т.** Современная теория организации систем – системология. – Киев: Знание, 1971. – 24 с.

12. **Лопухин М. М.** ПАТТЕРН – метод планирования и прогнозирования научных работ. М.: Сов. радио, 1971. 160 с

13. **Оптнер С.** Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. радио, 1969.– 216 с.

14. **Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.** Введение в системный анализ: Учебное пособие. – М.: Высш. школа, 1989. – 367 с.

15. **Клиланд Д., Кинг В.** Системный анализ и целевое управление. – М.: Сов. радио, 1979. – 279 с.

16. **Черняк Ю. И.** Анализ и синтез систем в экономике. – М.: Экономика, 1970. – 151 с. Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975. – 191 с.; **Черняк Ю. И.** Системный анализ в управлении экономикой. М.: Экономика, 1975. 191 с.

17. **Теория** систем и методы системного анализа в управлении и связи / **В. Н. Волкова, В. А. Воронков, А. А. Денисов** и др. – М.: Радио и связь, 1983. – 248 с.

18. **Системное** проектирование радиоэлектронных предприятий с гибкой автоматизированной технологией / **В. Н. Волкова, А. П. Градов, А. А. Денисов** и др.; под ред. **В. А. Мясникова** и **Ф. Е. Темникова.** – М.: Радио и связь, 1990. – 296 с.

19. **Системный** анализ в экономике и организации производства: Учебник для студентов вузов / Под ред. **С. А. Валугева, В. Н. Волковой.** – Л.: Политехника, 1991. – 398 с.

20. **Денисов А. А.** Теоретические основы кибернетики: Информационное поле. Л.: ЛПИ, 1975. 40 с.
21. **Денисов А. А. Колесников Д. Н.** Теория больших систем управления: Учебное пособие для студентов вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 288 с.
22. **Козлов В. Н.** Системный анализ, оптимизация и принятие решений – М.: Проспект, 2010. 176 с.
23. **Системный** анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
- Издание справочника получило поддержку Федеральной целевой программы «Культура России».
24. **Теория** систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006 – 848 с.; изд- 2-е – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009. – 848 с.
25. **Денисов А. А.** Современные проблемы системного анализа: учебник. – СПб.: 3-е изд. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 304 с.
26. **Волкова В. Н., Денисов А. А.** Теория систем: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 2006. – 512 с.
27. **Волкова В. Н., Денисов А. А.** Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата, 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 616 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.
28. **Таграсенко Ф. П.** Прикладной системный анализ.: Наука и искусство решения проблем.: учебник. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2004. – 186 с.
29. **Моделирование** систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов и др. Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 592 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.
30. **Моделирование** систем и процессов: Практикум для академического бакалавриата / Под ред. В. Н. Волковой. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 295 с.
31. **Козлов В. Н., Волкова В. Н.** Научно-педагогическая школа «Системный анализ в проектировании и управлении» // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XIX Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 488 с. – С. 5–16.
32. **Львов Д. С.** Теоретические и прикладные аспекты управления НТП / Д. С. Львов, С. Ю. Глазьев // Экономика и математические методы: журнал. – М., 1986. – № 5. – С. 793-804.
- 33.. **Фрадков А. Л.** Исследование физических систем при помощи обратных связей // Автоматика и телемеханика. 1999. (3). С. 213-230. **Fradkov A. L.** Exploring nonlinearity by feedback // Physica D. 1999, V. 128, № 2-4. 159-168.
34. **Фрадков А. Л.** Кибернетическая физика. СПб.: Наука, 2003; **Фрадков А. Л.** О применении кибернетических методов в физике // Успехи физических наук, 2005, Т.175, № 2, с.113-138.
35. **Черняк Леонид.** Интернет вещей: новые вызовы и новые технологии // Открытые системы. СУБД. — 2013. — № 4. — С. 14–18. URL: <http://www.osp.ru/os/2013/04/13035551>.
36. **Шваб Клаус.** Четвёртая промышленная революция. – М.: Эксмо, 2016. — 230 с.

*Игнатьев Михаил Борисович,**
д-р техн. наук, профессор
*Катермина Татьяна Сергеевна***
канд. техн. наук. ст.преподаватель

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СТРУКТУР

*Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения, e-mail: ignatmb@mail.ru

** Нижневартовск, Нижневартовский государственный университет

Аннотация. Рассматриваются киберфизические структуры, которые включают в себя неопределенность в виде произвольных коэффициентов, которые могут быть использованы для управления. Методом лингво-комбинаторного моделирования синтезируются новые модели атомов и молекул, которые в свою очередь используются для синтеза нанороботов. Рассматриваются морские киберфизические структуры и приводятся результаты моделирования ультраустойчивого осциллятора.

Ключевые слова: киберфизические системы, неопределенность, лингво-комбинаторное моделирование, нанороботы, осцилляторы.

*Michail B. Ignatyev**
Doctor of Technical Science, Professor
*Tatiana S. Katermina***
PhD, assistant professor

SYSTEM ANALYSIS OF CYBER-PHYSICAL STRUCTURES

*St-Petersburg, St-Petersburg state university of aerospace instrumentation, e-mail: ignatmb@mail.ru , **Nizhnevartovskiy State University

Abstract. It is considered the cyber-physical structure, which include the uncertainty how the arbitrary coefficients that can be used to control. By means of the method of linguo-combinatorial simulation the new models of atoms and moleculessimthesize, which are in turn used for the synthesis of nanorobots. It is considered the sea cyber-physical structure and the results of the simulation ultrastability oscillator.

Keywords: cyber-physical systems, uncertainty, linguo-combinatorial simulation, nanorobots, oscillators

1. Введение

Самым революционным событием XX века было появление и развитие электронных вычислительных машин, что обеспечило как бы второе рождение кибернетики как метанауки [3, 7] и обеспечило широкую автоматизацию человеческой деятельности во всех областях. Понятие о киберфизических системах было введено еще А.-М.Ампером, но активное использование этого термина началось в рамках проектанемецкого правительства Industry 4.0 по компьютеризации промышленности. Киберфизические системы относятся к четвертой промышленной революции. Первая промышленная революция состоялась благодаря паровому двигателю, резко увеличив производительность труда в 19 веке, вторая ознаменовалась массовым производством в начале 20 века за счет использования электроэнергии. Третью революцию можно считать промежуточной и отнести к ней промышленных роботов и автоматизацию с начала 1970-х, соответственно четвертая промышленная революция означает появление полностью цифровой промышленности, основанной на взаимном проникновении информационных и промышленных технологий. Главное — модели физических процессов должны включать в явном виде возможность информационного управления, например, через произвольные коэффициенты.

Киберфизические системы состоят из трех частей — физической, информационной и кибернетической. Наибольшую трудность представляет проблема глубокого внедрения информационно-управляющих возможностей в физические структуры, которая в нашей работе преодолевается на основе лингво-комбинаторного моделирования [1, 3, 5].

2. Атомы и молекулы как киберфизические системы

Н. Винер, возродив кибернетику как управление и связь в живых организмах, машинах и социально-экономических системах, остановился, как перед священной коровой, перед физикой. Но за последние годы накопилось много нерешенных проблем, например, до сих пор не удалось установить связь с инопланетными цивилизациями; далее, стало очевидным, что видимая часть Вселенной — это только 5%, а остальное — темная материя и темная энергия, и нет единого мнения, что это за структуры. И список нерешенных проблем можно продолжить, что побуждает к поиску новых моделей. Академик И.Ф.Гинзбург, лауреат Нобелевской премии, сформулировал целый ряд нерешенных проблем фундаментальной физики (УФН, т.179, №5, 2009).

Перейдем к построению лингво-комбинаторных моделей атомов, при этом будем исходить из ключевых базовых понятий, которые уже сложились в науке. Рассмотрим в качестве примера атом водорода и в

качестве ключевых слов возьмем слова «атом», «протон», «электрон», тогда описывающая атом фраза (1) будет иметь вид:

$$\text{Atom} + \text{Proton} + \text{Electron}, \quad (1)$$

И в соответствии с лингво-комбинаторным подходом [1, 3, 5] эквивалентные уравнения будут иметь вид

$$\begin{aligned} A1 &= U1 * E2 + U2 * E3 \\ A2 &= - U1 * E1 + U3 * E3 \\ A3 &= - U2 * E1 - U3 * E2 \end{aligned} \quad (2)$$

или

$$\begin{aligned} E1 &= U1 * A2 + U2 * A3 \\ E2 &= - U1 * A1 + U3 * A3 \\ E3 &= - U2 * A1 - U3 * A2 \end{aligned} \quad (3)$$

В уравнениях (2и3) A1 — характеристика атома водорода, E1 — изменение этой характеристики, A2 — характеристика протона, E2 — изменение этой характеристики, A3 — характеристика электрона, E3 — изменение этой характеристики, U1, U2, U3 — произвольные коэффициенты. для моделирования дейтерия используем ключевые слова «атом», «протон», «электрон», «нейтрон».

$$\text{Atom} + \text{proton} + \text{electron} + \text{neutron} \quad (4)$$

После операции поляризации

$$A^1_1 * E1 + A^1_2 * E2 + A^1_3 * E3 + A^1_4 * E4 = 0 \quad (4)$$

и эквивалентные уравнения будут

$$\begin{aligned} E1 &= U1 * A^1_2 + U2 * A^1_3 + U3 * A^1_4 \\ E2 &= - U1 * A^1_1 + U4 * A^1_3 + U5 * A^1_4 \\ E3 &= - U2 * A^1_1 - U4 * A^1_2 + U6 * A^1_4 \\ E4 &= - U3 * A^1_1 - U5 * A^1_2 - U6 * A^1_3 \end{aligned} \quad (5)$$

где U1, U2, U3, U4, U5, U6 — произвольные коэффициенты; A¹₁ — характеристика атома дейтерия; E1 — изменение этой характеристики; A¹₂ — характеристика протона атома дейтерия; E2 — изменение этой характеристики; A¹₃ — характеристика электрона атома дейтерия; E3 — изменение этой характеристики; A¹₄ — характеристика нейтрона атома дейтерия; E4 — изменение этой характеристики. В случае атомных реакций возможно превращение дейтерия в водород посредством трансформации уравнений (5) в уравнения (3).

При наложении еще одного ограничения на переменные системы

$$\begin{aligned} A^2_1 * E1 + A^2_2 * E2 + A^2_3 * E3 + A^2_4 * E4 &= 0 \\ E1 &= U1 * D^1_{23} + U2 * D^1_{24} + U3 * D^1_{34} \\ E2 &= - U1 * D^2_{13} - U2 * D^2_{14} + U4 * D^2_{34} \\ E3 &= U1 * D^3_{12} - U3 * D^3_{14} - U4 * D^3_{24} \\ E4 &= U2 * D^4_{12} + U3 * D^4_{13} + U4 * D^4_{23} \end{aligned}$$

где $D_{23}^1 = A_2^1 * A_3^2 - A_3^1 * A_2^2$ и т.д.

Аналогичным образом возможно построение лингво-комбинаторных моделей всех известных элементов таблицы Менделеева и их изотопов и возможных новых элементов. Из структуры этих моделей вытекает наличие блока управления, который может манипулировать произвольными коэффициентами, т. е. наша модель атома — это модель атома с блоком управления, разработка которой позволит осуществлять информационное воздействие на атомы. Это еще один путь для компьютерного моделирования физико-химических реакций. При этом необходимо решать задачу верификации таких моделей применительно к конкретным системам. Следует отметить, что такое понимание атомов близко к тому, как их понимал Лейбниц. Ньютон считал, что материал состоит из твердых частиц. Лейбниц заменил их понятием монад — частиц без размеров, деталей и конфигурации, но которые обладают способностью к восприятию в различной степени (Лейбниц Г.В. Монадология. Сочинения в 4 томах, том 1, Мысль, М., 1982, стр.413-429).

Наибольшая структурная стабильность достигается в зоне адаптационного максимума, который обнаруживается у различных систем с числом переменных больше шести [1, 3, 5]. Для удержания систем в зоне адаптационного максимума можно использовать различные методы — рост числа переменных, наложение и снятие ограничений, объединение систем в коллективы. Представляется интересным рассмотреть вопрос о путях перехода из одной мировой точки в другую. Обычное трехмерное пространство и время образуют четырехмерный мир. Мировая точка есть обычная точка в некоторый момент времени. Ее четыре координаты являются декартовы координаты X, Y, Z и время t , которые будем обозначать через x_1, x_2, x_3, x_4 . Событие есть физическое явление в некоторой мировой точке. Четырехмерное расстояние x_9 между двумя мировыми точками x_1, x_2, x_3, x_4 и x_5, x_6, x_7, x_8 , интервал, определяется как

$$c^2 (x_4 - x_8)^2 - (x_1 - x_5)^2 - (x_2 - x_6)^2 - (x_3 - x_7)^2 = (x_9)^2$$

где c — скорость света, $(x_4 - x_8)$ — дельта T , разница во времени.

Возможны различные пути перехода из одной мировой точки в другую, и исследование всего множества этих путей перехода представляет большой интерес. После дифференцирования вышеуказанного уравнения можно построить систему эквивалентных уравнений с произвольными коэффициентами, число которых в данном случае будет 36, которые и могут быть использованы для задания различных движений. Можно задать сближение мировых точек по различным законам, в том числе квантовую телепортацию или по законам Ньютона, и исследовать, как влияет тяготение и другие силы на время и пространство и на поведение нанороботов.

В наноструктурах одна из главных проблем — это проблема сборки. Наноробот должен взять атом и перенести его в другое место, по сути дела перевести его из одной мировой точки в другую. В качестве исходного рассмотрения можно взять механическую трехзвенную руку манипулятора, который может переносить предметы из одной точки в другую, где X_1, X_2, X_3 и X_4, X_5, X_6 — координаты концов первого жесткого звена длиной L_1 ; X_4, X_5, X_6 и X_7, X_8, X_9 — координаты концов второго жесткого звена длиной L_2 ; X_7, X_8, X_9 и X_{10}, X_{11}, X_{12} — координаты концов третьего жесткого звена длиной L_3 , тогда исходные уравнения трехзвенной руки манипулятора будут

$$\begin{aligned}(X_1 - X_2)^2 + (X_2 - X_5)^2 + (X_3 - X_6)^2 &= L_1^2; \\(X_4 - X_7)^2 + (X_5 - X_8)^2 + (X_6 - X_9)^2 &= L_2^2; \\(X_7 - X_{10})^2 + (X_8 - X_{11})^2 + (X_9 - X_{12})^2 &= L_3^2\end{aligned}$$

и эквивалентные уравнения будут содержать

$$S = C^{m+1}_n = C^4_{12} = 792$$

произвольных коэффициентов. Некоторые молекулы имеют примерно такое же количество произвольных коэффициентов, именно среди них и необходимо искать те вещества, из которых можно синтезировать наноробота, который мог бы переносить атом из одного места в другое. Таков аналитический путь выбора веществ для синтеза нанороботов.

В качестве итогов нашего рассмотрения можно сформулировать необходимые условия для синтеза наноробота: сложность веществ, из которых синтезируется наноробот, должна быть больше сложности реализуемых нанороботом алгоритмов.

В качестве достаточного условия существования наноробота в изменяющейся среде необходимо, чтобы наноробот находился в зоне адаптационного максимума. Тогда он сможет в полной мере использовать свои возможности и обеспечить свою выживаемость в максимально возможной зоне изменений окружающей среды. Наличие произвольных коэффициентов и возможность расширения модели, возможность включения новых переменных, новых ключевых слов позволяют настраивать модель для моделирования сложных наноструктур.

Лингво-комбинаторное моделирование позволяет сформировать новую картину мира, которая опирается на все достижения современной науки и прежде всего информатики. Лингво-комбинаторная картина мира состоит из трех групп переменных, во-первых, это явления (Appearances), во-вторых, это смыслы (Essences), в-третьих — это структурированную картину мира, которая опирается на все достижения современной науки и прежде всего информатики. Лингво-комбинаторная картина мира состоит из трех групп переменных, во-первых, это явления (Appearances), во-вторых, это смыслы (Essences), в-третьих — это структуриро-

ванная неопределенность (StructuralUncertainty), из которых состоят все неживые и живые системы. Лингво-комбинаторное моделирование — это математический аппарат постнеклассической науки. На уровне неклассической науки был введен наблюдатель, на уровне постнеклассической науки вводится управитель. Если бы физика была чисто экспериментальной наукой, то ее задача исчерпывалась бы обнаружением и тщательным описанием тех или иных явлений природы. Но как только ставится вопрос о взаимодействии явлений, мы вступаем в область теории, которая связывает друг с другом наблюдаемые явления и не только объясняет обнаруженные, но и предсказывает новые явления.

3. Морские киберфизические системы

Киберфизические системы состоят из трех частей — из физических подсистем, информационных подсистем и кибернетических подсистем, принимающих управленческие решения. Морская физическая подсистема — корабль, взаимодействующий с морем, причалами и другими кораблями, надводными или подводными. Если обозначить через $A1$ — характеристику физической подсистемы, через $A2$ — характеристику информационной подсистемы, через $A3$ — характеристику кибернетической подсистемы, то в соответствии с лингво-комбинаторным подходом лингвистическое уравнение морской киберфизической системы будет

$$A1 * E1 + A2 * E2 + A3 * E3 = 0,$$

где $E1$, $E2$, $E3$ — изменения соответствующих характеристик, а структура эквивалентных уравнений будет

$$\begin{aligned} E1 &= U1 * A2 + U2 * A3 \\ E2 &= - U1 * A1 + U3 * A3 \\ E3 &= - U2 * A1 - U3 * A2 \end{aligned}$$

где $U1$, $U2$, $U3$ — произвольные коэффициенты, изменяя которые можно менять соотношения между характеристиками подсистем. Эта система уравнений определяет обменные соотношения между подсистемами — физической, информационной и кибернетической, управляющей.

Задача корабля — перевести груз из порта А в порт Б по бурному морю, для чего необходимо, во-первых, причалить в порту А к соответствующему терминалу, загрузить груз, отчалить и выйти в море; во-вторых, преодолеть путь по бурному морю, не столкнуться с другими кораблями, скалами и мелями, и чтобы хватило топлива и других ресурсов для такого плавания; в-третьих, войти в порт Б и причалить к соответствующему терминалу, разгрузиться и начать выполнять новую задачу. Таков простейший сценарий функционирования морского судна. Характеристики корабля должны быть такими, чтобы реализовать этот сце-

нарий. Адаптационные возможности корабля должны быть такими, чтобы реализовать этот сценарий. Если характеристики корабля описываются n ключевыми словами, переменными, на которые наложено m ограничений, то, как было показано выше, адаптационные возможности системы (в данном случае – корабля) будут определяться числом произвольных коэффициентов S в структуре эквивалентных уравнений,

$$S = C_n^{m+1}, n > m.$$

Если ключевые слова — быстроходность B_1 , грузоподъемность B_2 , плавучесть B_3 , дальность плавания B_4 , величина волн B_5 , сила ветра B_6 , величина осадки B_7 , то лингвистическое уравнение корабля будет

$$\Sigma(B_i * E_i) = 0, i = 1, 2, \dots, 7,$$

а структура эквивалентных уравнений будет содержать 21 произвольный коэффициент.

Морской корабль состоит из следующих частей — первый корпус судна C_1 , второй корпус судна C_2 (имеется ввиду катамаран), движитель первого корпуса C_3 , движитель второго корпуса C_4 , рулевое управление первым корпусом C_5 , рулевое управление вторым корпусом C_6 , общее управление судном C_7 , и тогда лингвистическое уравнение корабля будет

$$\Sigma(C_i * E_i) = 0, i = 1, 2, \dots, 7,$$

Таким образом, возможны различные интерпретации лингвистических переменных, но для любых интерпретаций, для повышения адаптационных возможностей корабля он как система должен находиться в зоне адаптационного максимума [1, 3, 5], чтобы наилучшим образом приспособиваться к волнению на море и другим ситуациям.

Если рассмотреть логистическую ситуацию, когда используются несколько кораблей для перевозки грузов, то задача может быть сведена к сетцентрическому управлению.

Суть сетцентрического управления заключается в том, чтобы формировать приказы управления войсками с учетом взаимодействия всех родов войск и всех данных разведки противника [5].

Эту методологию можно использовать и при управлении морскими грузоперевозками на основе лингво-комбинаторного подхода.

Например, при управлении четырьмя кораблями составляется первое лингвистическое уравнение.

$$A_1 * E_1 + A_2 * E_2 + A_3 * E_3 + A_4 * E_4 = 0,$$

где A_1 = характеристика корабля 1, E_1 – приказ об изменении характеристики корабля 1, E_2 – приказ об изменении характеристики корабля 2, и т.д. Тогда структура эквивалентных уравнений будет иметь вид

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 * A_2 + U_2 * A_3 + U_3 * A_4 \\ E_2 &= - U_1 * A_1 + U_4 * A_3 + U_5 * A_4 \\ E_3 &= - U_2 * A_1 - U_4 * A_2 + U_6 * A_4 \\ E_4 &= - U_3 * A_1 - U_5 * A_2 - U_6 * A_3 \end{aligned}$$

откуда очевидно, что каждый приказ формируется с учетом характеристик всех других платформ и подстраивается с помощью произвольных коэффициентов. Если известна информация о конкуренте в виде второго лингвистического уравнения:

$$B_1 * E_1 + B_2 * E_2 + B_3 * E_3 + B_4 * E_4 = 0,$$

то структура эквивалентных уравнений будет иметь вид:

$$\begin{aligned} E_1 &= U_1 * D_{23}^1 + U_2 * D_{24}^1 + U_3 * D_{34}^1 \\ E_2 &= - U_1 * D_{13}^2 - U_2 * D_{14}^2 + U_4 * D_{34}^2 \\ E_3 &= U_1 * D_{12}^3 - U_3 * D_{14}^3 - U_4 * D_{24}^3 \\ E_4 &= U_2 * D_{12}^4 + U_3 * D_{13}^4 + U_4 * D_{23}^4 \end{aligned}$$

где $D_{23} = A_2 * B_3 - A_3 * B_2$ и т.д., B_1 — характеристика корабля конкурента, противостоящего кораблю A_1 , B_2 — характеристика корабля конкурента, противостоящего кораблю A_2 и т.д. В этом случае приказы $E_1, \dots, E_4$ будут вырабатываться с учетом сил конкурентов, а для подстройки используются четыре произвольных коэффициента.

Таким образом, выше были продемонстрированы различные варианты использования лингво-комбинаторного подхода для задач синтеза и анализа киберфизических систем. В общем виде взаимодействие киберфизической системы со средой представлено в [1,3,5]. Для поиска рациональных режимов взаимодействия системы со средой возможно применение методов вариационного исчисления и функционального анализа [6, 8].

4. Синтез ультраустойчивого осциллятора.

Осцилляторы окружают нас со всех сторон, и проблема синтеза ультраустойчивых осцилляторов является важной.

Системы с коррекцией аргумента.

В структуре эквивалентных уравнений систем со структурированной неопределенностью есть произвольные коэффициенты, которые можно использовать для приспособления системы к различным изменениям, чтобы повысить точность и

надежность функционирования систем, их живучесть в потоке перемен. В качестве простого примера рассмотрим систему с коррекцией аргумента для генератора, переменные которого удовлетворяют уравнению окружности:

$$x^2 + y^2 = R^2. \quad (6)$$

После дифференцирования получим:

$$x \frac{dx}{dt} + y \frac{dy}{dt} = 0,$$

и уравнения произвольными коэффициентами будут иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = U_1 y, \\ \frac{dy}{dt} = -U_1 x. \end{cases}$$

Произвольный коэффициент U_1 может быть использован для коррекции генератора 1, как показано на рис.2, где имеются два сервомеханизма, и где f_1 и f_2 — помехи, x и y — ошибки сервомеханизмов. Блок 2 вычисляет сигнал коррекции

$$\Delta = \gamma^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2.$$

γ — это норма, заданная точность, сигнал ошибки Δ должен стремиться к нулю. Передаточные функции следящих систем — первого порядка, они могут иметь разные постоянные времени.

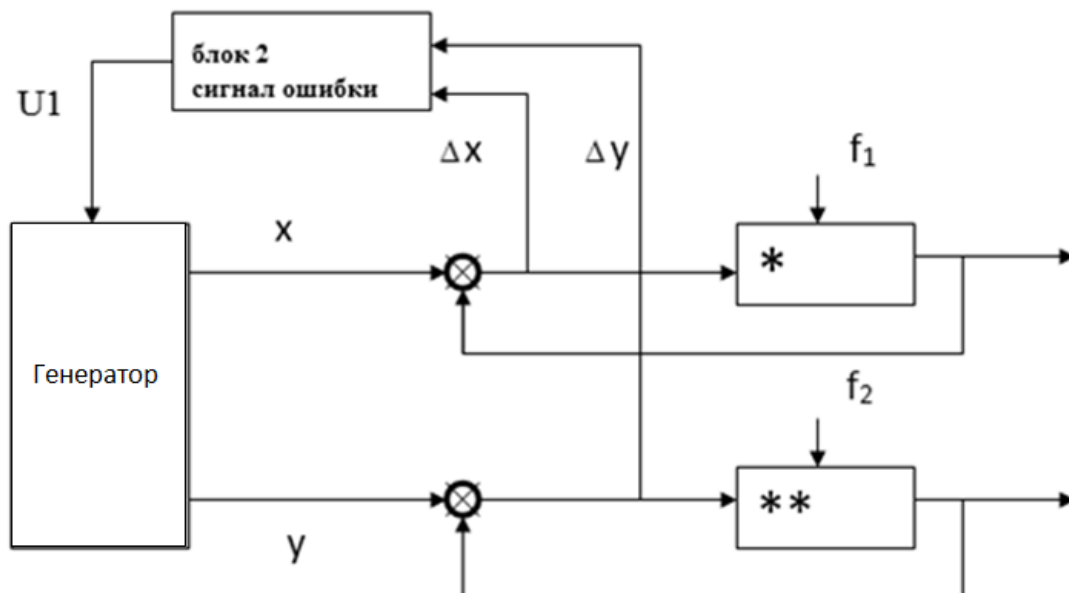


Рис.2 Система с коррекцией аргумента

Таким образом регулируется скорость генерации управляющих сигналов для сервоприводов, чтобы уменьшить ошибку воспроизведения окружности. Система на рис.2. моделирует металлорежущий станок, который в свою очередь может моделировать движение сталкивающихся литосферных плит по поверхности земного шара. На рис.2. f_1 и f_2 — помехи, действующие на приводы, в том числе и помехи, возникающие от столкновения резца с металлом заготовки. В системах с коррекцией аргумента возможно использование коэффициента U_1 , который влияет на скорость воспроизведения задающего воздействия таким образом, чтобы уменьшить величину ошибки и стабилизировать систему. В [9] рассмотрен осциллятор с контролем и коррекцией по воспроизводимой функции. Возможно объединение этих двух схем в единую структуру ультраустойчивого осциллятора.

Заключение. Киберфизические системы делятся на естественные и искусственные, среди последних четко выделяются: Связьнет — развитие всемирной системы связи, Электронет — умное снабжение электроэнергией, Газнет — умное газоснабжение, Аэронет — умные летательные аппараты, Автонет — умные автомобили и дороги, Меринет — умные суда, причалы и порты, Умная одежда, Умная медицина — модели организмов, Промышленность 4.0, Менеджмент инноваций — можем ли мы заставить будущее работать на нас сегодня?

Список литературы

1. Игнатъев М.Б. «Голономные автоматические системы» изд. АН СССР, 1963,-202 с.
2. Игнатъев М.Б. «О необходимых и достаточных условиях синтеза нанороботов»//Докл.АН, 2010, Т.433, №5, с.613-617.
3. Игнатъев М.Б. Кибернетическая картина мира, СПб, изд. ГУАП, первое изд.2010, второе 2011, третье 2014, -472 с.
4. Игнатъев М.Б., Катермина Т.С. «Контроль и коррекция вычислительных процессов в реальном времени на основе метода избыточных переменных», Нижневартонск, 2014,-188 с.
5. Игнатъев М.Б. Просто кибернетика , СПб,изд. Страта, 2016, - 248 с.
6. Заборовский В.С., М.Ю. Гук, В.А. Мулюха. «Применение киберфизического подхода в задачах сетцентрического управления роботами» //Робототехника и техническая кибернетика. - 2014. - №2(3). - С. 12-18.
7. ИгнатъевМ.Б. Интервью «Второе рождение кибернетики» газета С-Петербургские ведомости, 24.03.2017, подготовила А.Б.Долгошева.
8. Козлов В.Н. «Негладкие системы, операторы оптимизации и устойчивость энергообъединений» Спб, изд-во Политехн.ун-та, 2012,-177с.
9. Игнатъев М.Б., Катермина Т.С Метод избыточных переменных для контроля и диагностики вычислительных процессов в реальном времени// ТрудыСПИИРАН. 2013. Вып. 26. С. 234–252 с.

AlexankovAndreyMihailovich¹.
PhD in Economics, associate professor,
Director of the International School for Economics and Politics

d'Ascenzo Fabrizio²,
PhD in Economics and Management, Full Professor
Director of Management dept, la Sapienza Rector' Delegate for relations with enterprises and world of labor

Pokrovskaja, Nadezhda Nikolaevna³,
Doctor in Sociology, PhD in Economics, associate professor,
Professor at Advertising & Public Relations dept.

THE MANAGEMENT FOR CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 AND REGULATORY MECHANISMS

¹ St. Petersburg, Russia, St. Petersburg State University of Economics,

³ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, nnp@spbstu.ru

² Rome, Italy, la Sapienza University

Abstract: The cyber-technologies created new environment for regulation and management. The transition to digital smart space requires the new vision of the regulation and the design and development of regulatory approaches within the connected world. The virtual space' transparency helps to increase the density of social links. Connectedness and communication as fundamental key factors for development arise the new challenges for social regulation and governance as well as for corporate business management.

Keywords: Cyber-physical systems, Industry 4.0, management, regulatory mechanisms

УДК 007.3

Алексанков Андрей Михайлович¹
Кандидат экономических наук, доцент
Директор Международного института экономики и политики

d'Ашенцо Фабрицио²,
Доктор экономики и менеджмента, профессор
Директор кафедры Менеджмента, делегат Ректора по работе с
предприятиями и миром труда,

Университет Сапиенца, Рим, Италия
Покровская Надежда Николаевна³
ктор социологических наук кандидат экономических наук, доцент
профессор кафедры «Реклама и связи с общественностью»

УПРАВЛЕНИЕ КИБЕРФИЗИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В КОНТЕКСТЕ КОНЦЕПЦИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 4.0 И ПРОБЛЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ

- 1 – Россия, Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный экономический университет»;
2 – Италия, Рим, Университет Сапиенца;
3 – Россия, Санкт-Петербург, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого»

Аннотация. Кибер-технологии создали новую среду регулирования и управления. Переход к цифровому интеллектуальному пространству требует нового видения регулятивных механизмов, а также разработки новых управленческих подходов в интегрированном пространстве.

Прозрачность виртуальной среды увеличивает плотность социальных связей. Коммуникационная эффективность как фундаментальный фактор развития порождает новые проблемы социальной регуляции, административного управления и корпоративного менеджмента.

Ключевые слова: киберфизические системы, промышленность 4.0, управление, регулятивные механизмы.

The fourth industrial revolution taking place in the modern world is comparable to the first one, when the human resource was replaced by the machines operating on steam energy. Today, a comparable revolution takes place, as it changes the functional role of the human resource in production from servicing the machines to setting goals, formulating tasks and identifying problems, so that the smart spaces (connected factories, smart plants, smart streets and cities with Internet of things) must independently decide how to repair any problem of equipment or of processes functioning.

Considering the concept of Industry 4.0 from the viewpoint of the system approach, the specific feature should be emphasized of connecting different aspects of economic activity into unified networks. This total connectedness leads to a new interpretation of the economic subsystem within the societal super-system. If previously, definitions of economic thinking relied on two assumptions – the goal to satisfy the needs within the condition of scarcity of resources – today the economic success depends on the ability of an economic subject to create new motives for acquisition of goods (to act in the context of rare needs, scarcity of motivation) and to restrict access to resources, especially, to limit the possibility of use of abundant information (i.e., to close loopholes for downloading information including intellectual and creative products, such as R&D results, pharmaceutical formulas, music, films).

In addition, the definition of a market has changed: previously, the scholars talked of a market as a meeting place for supply and demand. Today, this place has now been moved to the homes of consumers with the help of 3D-printing technology and the individualization of producing goods upon request of a particular person exactly at the moment when a need appeared.

The sharing economic model orients today the business to the integration role instead of the goods manufacturing. The examples of the *couch-surfing*, *Über*, *Airbnb* demonstrate the new approach to build the value creation chain.

The terms “human” and “people” are entered in the vocabulary, despite the scientific attempts to avoid them the decades in the middle of the 20th century. The use of these terms inevitably becomes an increasingly central concept: the creation of needs, the neuron-communications, the involvement in organizational activity and commitment to corporate goals – are impossible without recognition of humans at the level of both, science and business, as a key object of interest, of treatment, for the development and growth. E.g., the digital economy is based on the assumptions of efficient regulation and quality assurance on the level of corporate governance but also on the level of the people involved and their culture. The Japanese Connected Factories program is based on the national culture of self-improvement and of professional growth, the constant search for perfection, the concept of *monodzukuri* is seen as a specific Japanese harmonious sustainable manufacturing style with a highest quality and unique competence as a regulatory mechanism

If the concepts of "human resource" and "human capital" have long been included in the terminology of management, both at the enterprise level and at the level of territorial regulation within the global competition, the personality has until recently been considered only from the financial and economic point of view – as a resource and capital, capable of making a profit for the associative actors (business or public administrations, but also the society, represented by non-profit and non-governmental organizations and initiative or protest movements, such as *Occupy Wall street* or *Open source*).

Today, the emphasis is changing, personal motivations and socio-cultural regulators are becoming a tool for economic (profit- and efficiency-driven) development, since the key way to sell a product or service is the company's ability to create an image, the idea for self-identification, a kind of religion for its followers. The concept of “*Apple-people*” clearly reflects the post-modern fundamental components of efficiency. The paradigm of the economic success is changed from orientation to resources scarcity and search for methods to increase the productivity and effectiveness of management known as efficiency-driven growth towards the creation of the life style and of the new communities, e.g., the affiliation into a community of “geeks” is repre-

sented into an informal dress code and use of specific brands from a narrow rang.

A systematic approach to analyze the changes that occur in the economic subsystem, calls us to understand the goal-setting and to address both the change in the functional roles of the internal elements and the changes of the environment and external links, so the management today has to adapt its methods to the context of digital economy, Internet of things and Industry 4.0.

From the point of view of studying the connection between the elements of the economic subsystem of society, the Fourth Industrial Revolution led to a situation in which the systemic nature itself plays a paramount role, i.e. the number and quality of ties within the society, including communications in the business environment and outside it, within sectors, clusters, research milieu. Returning to the concept of connectedness, it is necessary to emphasize the importance of the integration and cross-linking of various functions, the mutual adjustment among the actors' decisions. At least two key points can be singled out: 1) the role of the communication system, technologically and ideologically more developed today in comparison with the previous twentieth century, 2) the Hellenistic heritage of integrity and humanistic attitude to "man as a measure of all things" (Aristotle), which led to the development of neuron marketing and neuron-communications and simultaneously demonstrates the possibilities and limitations of neural networks, machine learning and artificial intelligence (AI).

W. Köhler, one of the first to study emergence as the specific feature of the appearance of new properties of system comparing with properties of elements [9] (he called this phenomenon a "physical gestalt" [7]), showed the significance of the links concerns not only organic systems (living organisms[6]), but also inorganic ones (including social, cultural and psychological systems [8]). To the study of which it is also advisable to apply the principles of analysis of a living organism. In 1968, the author of the general system theory [3], L. von Bertalanffy, wrote the words that are very close to the up-to-date challenges of organizing cyber-physical systems, smart factories and smart cities: "Air or even automobile traffic are not just a matter of the number of vehicles in operation, but are systems to be planned or arranged" [4, p. 4]. With regard to the management of organizations, the convergence of approaches and scientific disciplines [1] should be mentioned, for technology, the scholars describe the convergence of technologies in the new economy as NBICS [15] – nano, bio, info, cogno and socio technologies.

NBICS technologies convergence reflects the systemic importance of integration and communication, when in the situation of "methodological super-digitization"[16 , p. 6] the formation of new ties allows a community to make a quality leap from accumulated technologies to new relationships.

The system of industry 4.0 creates situation where an individual practically does not need other people to survive. This fact has a systemic impact on the development of society as a whole, since if previously the belonging to the community was one of the key mechanisms for the survival of a human being as an weak animal insufficiently endowed with physical capabilities (the hunting for a mammoth was more successful by group), today the problem of survival is solved by technological development. The study of thermodynamic and chemical processes led to the creation of the notion of dissipative structures [12] where, under certain external influences, a qualitative leap to another state occurs.

This discovery led to the conclusion about the importance of external signals, in particular, that noise accelerates the process of self-organization in systems [11]. This transfer from physics to systemic analysis led to the emergence of Social synergy as scientific discipline studying the behaviour of complex systems, in particular, the making collective decisions.

In this regard, the question arises of the determining influence of the subsystem (economy) on the super-system (society). The science studies the society as a stochastic system, but the comparison of the society development with chemical clock [5, p. 496] of Belousov-Jabotinsky [2, p. 145] makes think of the deterministic character. The question is open whether convergence of technologies in a combination with cybernetics [14], game theory [10], and mathematical theory of communication [13; 17] will lead to the beginning of the III millennium to a qualitative change of society and of the person inside communities and societal super-system. The artificial intelligence (AI) is still not efficient in accomplishing two tasks of competitive companies management – to interest and motivate participants involved within team building, and to create a symbolic world (a universe of meanings) to self-identifying of customers within the relationship building.

The systemic analysis is necessary for deeper understanding of regulatory mechanisms that assure the coherence of the society and of the human social, psychological and physical health. The health of the society or of a human being should be defined not only with the possibilities to achieve the goals set with the highest efficiency, but the social and emotional health includes the goal-setting into the definition of this notion and into the process of the health' maintaining as a sustainable development for an individual or a community.

The new transformation of the value creation process is related to the enlargement of the meaning to the economic field. In 1960-s, the notion of the economic imperialism described the expansion of the microeconomic analysis to the 'markets' of the relationships and feelings that traditionally were not included into reasoning in cost-result logics. Now, the social and emotional

fields are extended on the business activity and strategies (with corporate social responsibility, company' population, gamification of work tasks and of learning, team working). The socio-psychological studies help to understand the results of the neural marketing surveys. The content and significance of the senses in the everyday life is to be capitalised, so that the digital connected intelligence could take into account the thin and subtle human value scale.

Industry 4.0 should be seen not only as the development of economic and technological aspects, but as a deep revolution of social mechanisms. The concept of the cyber-physical system does not take into account the role of human beings, which can only be established by means of regulative mechanisms embedded in cyber-physical systems.

Список литературы

1. Ackoff R.L. Games, decision, and organizations // General Systems. Vol. IV. 1959. P. 145–150.
2. Belousov B.P. A Periodic Reaction and Its Mechanism", Sbornik Referatov po Radiatsionni Meditsine, Moscow: Medgiz, 1958.
3. Bertalanffy L. von. Zu einer allgemeinen Systemlehre // Blätter für Deutsche Philosophie. Bd. 18. а 3/4, 1945.
4. Bertalanffy L. von. General System Theory. Foundations, Development, Applications. N.Y.: Braziller, 1968. – P. 4.
5. Briggs Th.S., Rauscher W.C. An Oscillating Iodine Clock // J. Chem. Educ., 1973, 50, p. 496.
6. Cannon W.B. The Wisdom of the Body. New York: Norton, 1932.
7. Köhler W. Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand. Erlangen, 1924.
8. Köhler W. Zum Problem der Regulation // Roux Archiv. Bd. 112. 1927.
9. Kozlov V.N., Volkova V.N. Formation, development and present state of the systems theory // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XX Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – Pp. 5-25.
10. Neumann J. von, Morgenstern O. Theory of Games and Economic Behaviour. Princeton; New York: Princeton University Press, 1947.
11. Prigogine I.; Nicolis G. Self-Organization in Non-Equilibrium Systems. Wiley, 1977.
12. Prigogine I.R. Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes (2nd ed.). New York: Interscience, 1961.
13. Shannon C., Weaver W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
14. Wiener N. Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine. – New York: The Technology Press and John Wiley & Sons, Inc.; Paris: Hermann et Cie, 1948.

15. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий - прорыв в будущее // Журнал "Российские нанотехнологии", 2011, № 1-2. С.13-23.

16. Лещев С. В. Электронная культура и виртуальная реальность: третья цифровая волна НБИК-парадигмы // Вестн. гуманитар. фак. Иванов. гос. хим.-технол. ун-та. 2014. Вып. 7. С. 5-9.

17. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. М., 1963.

Черный Юрий Юрьевич,

кандидат философских наук

Руководитель Центра изучения проблем информатики

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И ДИСЦИПЛИН ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОГО ЦИКЛА

Институт научной информации по общественным наукам
Российской академии наук (ИНИОН РАН).

Москва, Россия.

yuri.chiorny@mail.ru

Аннотация. Рассматривается деятельность совместного семинара ИПИ РАН и ИНИОН РАН «Методологические проблемы наук об информации» в 2011-2016 гг. по системному анализу современных проблем информатики и дисциплин информационно-коммуникационного цикла. Представлен главный результат работы семинара — обобщённое определение информатики, предложенное Э.Р. Сукиасяном 27 июня 2013 г. Помимо проблемы статуса информатики как науки затрагиваются такие группы проблем как история кибернетики и информатики, технологическая конвергенция, сущность информации, информационный фактор в социальной и глобальной эволюции, «информационные науки» как возможный класс Номенклатуры специальностей научных работников, преподавание информатики в средней и высшей школе, гуманитарные исследования в цифровую эпоху, информация и библиотека.

Ключевые слова: информатика, кибернетика, «информационные науки», документология, библиотечное дело, системный анализ, семинар «Методологические проблемы наук об информации», сущность информации, история науки, социальная и глобальная эволюция, преподавание информатики, средняя школа, высшая школа, цифровая эпоха, гуманитарные исследования.

Yuri. Yu Chernyy

Head of the Center for the Study in Informatics, Ph. D.

**SYSTEM ANALYSIS OF CONTEMPORARY PROBLEMS
IN INFORMATICS AND INFORMATION-
COMMUNICATION CYCLE DISCIPLINE**

Institute of Scientific Information for Social Sciences
of the Russian Academy of Sciences.

Moscow, Russia.

yuri.chiorny@mail.ru

Abstract. The work of the joint IPI RAN and INION RAN seminar "Methodological problems of information sciences" in 2011-2016 for the system analysis of modern problems of informatics and information-communication cycle disciplines is considered. The main result of the seminar - generalized definition of informatics, proposed by E.R. Sukiasyan on June 27, 2013 – is presented. In addition to the problem of the status of informatics as an interdisciplinary complex fundamental science, such groups of problems are analysed. Among them the history of cybernetics and informatics, technological convergence, the essence of information, information factor in social and global evolution, "information sciences" as a possible class of disciplines in the nomenclature of scientific workers, teaching of informatics in secondary and higher schools, humanitarian research in the digital age, information and library.

Keywords: informatics, cybernetics, information science, documentology, library science, system analysis, seminar "Methodological problems of information sciences", the essence of information, the history of science, social and global evolution, teaching of informatics in secondary school and higher school, digital age, humanities research.

Введение

«Методологические проблемы наук об информации» – так называется междисциплинарный научный семинар, который работает в Москве с февраля 2011 г. Его организаторами стали два научно-исследовательских учреждения Российской академии наук, традиционно представляющие разные направления информационной науки и практики. Институт проблем информатики РАН занимается в основном «компьютерной» информатикой (computer science) [1], а Институт научной информации по общественным наукам РАН – научно-информационной-

деятельностью или «информационной» информатикой (information science) [2].

Созданию семинара предшествовали личное знакомство главного научного сотрудника ИПИ РАН д.т.н., проф. Константина Константиновича Колина и автора этих строк в начале мая 2010 г., а также проведение 18 июня того же года в ИНИОНе Круглого стола «Философия образования и фундаментальные проблемы информатики». Доклады четырёх участников Круглого стола опубликованы в № 6 журнала «Открытое образование» за 2010 г. [3]. Эти события, а также ранний этап работы семинара (2011-2012 гг.) описаны в статье Э.Р. Сукиасяна и Ю.Ю. Чёрного «Единая среда как фактор развития науки» [4].

Одним из толчков, побудивших исследователей к созданию междисциплинарного пространства для обсуждения методологических проблем наук об информации, стала **полисемия (многозначность)** термина «информатика» в русском языке [5]. Было важно понять, почему в СССР и России информатика – это одновременно социальная и гуманитарная наука (школы информатики Всероссийского института научной и технической информации – ВИНТИ РАН, Санкт-Петербургского института культуры – СПбГИК и др.), техническая наука (многочисленные школы информатики в Новосибирске, Москве, Санкт-Петербурге и др. городах), а также воспроизводящая структуру кибернетики наука об информационных процессах в различных средах (школа информатики К.К. Колина в ИПИ РАН). Предстояло выяснить, какую информатику преподают в средней школе и в вузах, что такое социальная информатика, гуманитарная информатика, наконец, каков статус многочисленных версий отраслевых информатик – геоинформатики, биоинформатики, исторической информатики, правовой информатики, бизнес-информатики, строительной информатики и т.д.

Важным стимулом для организации обсуждения вопроса, связанного с информатикой, стал «социальный заказ» со стороны Российской государственной библиотеки. В течение ряда лет главный редактор Библиотечно-библиографической классификации (ББК), национальной классификационной системы Российской Федерации, к.пед.н. Э.Р. Сукиасян вёл работу над отделом Средних таблиц ББК «Общенаучное и междисциплинарное знание». Проанализировав вышедшие в свет публикации, в том числе монографии и учебники, он сделал вывод о том, что для информатики отсутствует так называемый «классификационный остаток». Каждый из авторов называл информатикой то, чем занимался сам [6]. Единого или хотя бы согласованного на самом общем уровне понимания информатики в России не было.

Общая информация о семинаре

Руководителями семинара стали главный научный сотрудник ИПИ РАН (сейчас – ИПИ Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН) д.т.н., проф. К.К. Колин и к.филос.н. Ю.Ю. Чёрный (ИНИОН РАН). В конце 2013 г. в ИНИОНе было создано новое общеинститутское подразделение – Центр по изучению проблем информатики.

В 2011 г. на обновлённом сайте ИНИОН РАН была создана страница семинара, на которой размещены различного рода материалы, в том числе тексты докладов [7]. Тогда же были сформулированы цель и задачи семинара.

Цель – объединение усилий специалистов, работающих в области наук об информации, для обсуждения наиболее общих проблем этих наук и выработки согласованных решений, способствующих их развитию.

Задачи:

- ознакомление с отечественными и зарубежными подходами к изучению проблем информации, практикой применения информационного подхода к познанию действительности;
- обмен мнениями и опытом по актуальным вопросам наук об информации;
- содействие исследованию информации как самостоятельного общенаучного и философского феномена;
- преодоление институциональных и иных барьеров, препятствующих научной коммуникации в области специальных информационных дисциплин;
- достижение терминологической ясности в области наук об информации, преодоление существующей полисемии (многозначности) в использовании понятий;
- разработка концептуальных оснований информатики в парадигме единой информационно-компьютерной науки как теоретического фундамента создания перспективных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и системного развития современного общества.

На одном из первых заседаний в 2011 г. к.т.н. В.П. Седякин отметил, что участники семинара занимаются расчисткой «методологических завалов», накопившихся в отечественной науке с 1960-1970-х годов. И действительно, проблем такого рода оказалось немало. Руководители семинара сосредоточили усилия на создании благоприятной атмосферы и приемлемого формата для их обсуждения.

Научный журнал «Метафизика» Российского университета дружбы народов посвятил философии информации, философским проблемам информатики, а также методологии и терминологии информатики № 4

(10) за 2013 г. «В настоящее время, - указывалось в редакционном предисловии этого номера, - осмысление терминов «информация», «информатика» и выработка адекватных «именований» в этих областях находится ещё в «горячей стадии», свидетельством чему является настоящий выпуск журнала. Он целиком включил в себя итог трёхлетней работы совместного семинара Института проблем информатики (ИПИ) и Института научной информации по общественным наукам (ИНИОН) Российской академии наук «Методологические проблемы наук об информации» (веб-сайт семинара: <http://www.inion.ru/seminars.mpni>). Сложность обсуждаемых на семинаре проблем определялась, с одной стороны, «неуловимостью» фундаментального понятия информации, с другой — многоплановостью самой дисциплины информатики» [8].

С февраля 2011 г. по май 2016 г. состоялось 28 заседаний, на которых были заслушаны доклады около 30 специалистов [9].

Статус информатики как науки

Прикладная задача упорядочения информатики для её представления в Библиотечно-библиографической классификации была сформулирована Э.Р. Сукиасяном 3 ноября 2011 г. [10]. В целом её решение было получено через полтора года 27 июня 2013 г. [11].

Залогом успеха стало анкетирование участников семинара, проведённое Э.Р. Сукиасяном в первой половине 2013 г. 15 января он отправил по 84 электронным адресам анкету из 12 вопросов, касающихся состава, объекта и предмета информатики. После получения ответов стало понятно, что можно дать современное обобщённое определение этой науки. Была предложена следующая дефиниция:

«Информатика (informatics) – формирующаяся на рубеже XX и XXI вв. **междисциплинарная комплексная фундаментальная наука** с общим объектом исследования (**информационные явления, системы и процессы**) и различными предметами исследования, отражающими задачи как отдельных комплексов теоретических (гуманитарных, естественных и технических) наук, так и прикладных информационных технологий.

Входящие в комплекс разделы **информатики в естественных науках** (natural informatics, information sciences in the natural sphere) исследуют информационные явления, системы и процессы, характерные для объектов живой и неживой природы, в том числе человека. Для химической информатики, например, это будут информационные явления на уровне атомов и веществ, для физической информатики – информационные явления и процессы в физических средах и т. д.

Входящие в комплекс разделы **информатики в технических науках** (technical informatics, information sciences in the technical sphere) исследуют информационные явления, системы и процессы, характерные для объектов, сконструированных человеком.

Входящие в комплекс разделы **информатики в гуманитарных науках** (humanitarian informatics, information sciences in the humanities) исследуют информационные явления, системы и процессы, протекающие как в человеческом обществе в целом (социальная информатика), так и в отдельных сферах деятельности человека (лингвистике, педагогике, научно-информационной деятельности, библиотечном деле и библиографии и пр.).

Входящие в комплекс **прикладные информационные технологии** (computer sciences, information technologies) связаны с конструированием, разработкой (проектированием), производством и эксплуатацией информационных объектов – приборов, машин и механизмов, а также информационных систем в целом» [12]. Участники семинара согласились с таким определением.

В 2013-2016 гг. Э.Р. Сукиасян опубликовал ряд статей в профессиональной печати. В них он познакомил широкий круг специалистов с полученным теоретическим результатом и обосновывал важность и необходимость понимания информатики как формирующейся междисциплинарной системной науки [13-15]. Предложенное определение не вызвало возражений.

3 декабря 2015 г. Э.Р. Сукиасян выступил с ещё одним докладом, который был посвящён «окружению» информатики в будущем отделе «Общенаучное и междисциплинарное знание» Библиотечно-библиографической классификации [16]. Информатика попала в класс наук, представленный также математикой, логикой, семиотикой, статистикой, теорией систем и системным анализом, кибернетикой, синергетикой, теорией организации и управления, комплексными междисциплинарными исследованиями человека, экологией, космическими исследованиями, глобальными исследованиями и региональными исследованиями [Там же].

Изучению места информатики в системе наук были также посвящены доклады д.г.-м.н. Р.Б. Сейфуль-Мулюкова («Information science: содержание предметной области», 7 апреля 2011 г.) [17] и А.Б. Антопольского («О представлении информационно-компьютерных наук в различных классификационных системах», 28 мая 2016 г.) [18].

Работа по уточнению места информатики в системе наук продолжается.

История кибернетики и информатики

Три важных результата семинар получил в области истории кибернетики и информатики. Во-первых, это реконструкция взглядов на информатику одного из ведущих учёных Новосибирского Академгородка академика Андрея Петровича Ершова (1931-1988) – доклад к.филос.н. Ю.Ю. Черного 30 июня 2011 г. [19]. Во-вторых, это обращение к творчеству профессора Московского энергетического института д.т.н. Фёдора Евгеньевича Темникова (1906-1993), который в 1963 г. впервые в отечественной научной печати предложил термин «Информатика» – доклад д.э.н. В.Н. Волковой 28 ноября 2013 г. [20]. И, в-третьих, знакомство с жизнью и творчеством пионера кибернетики и информатики в СССР Анатолия Ивановича Китова (1920-2005) – доклад к.т.н. В.В. Шилова 7 апреля 2016 г. [21].

Информатика и проблемы технологической конвергенции

Впервые проблемы технологической конвергенции (от лат. *con-vergo* – сближаю) были затронуты 19 апреля 2012 г. в докладе к.т.н. И.М. Зацмана «Построение системы терминов информационно-компьютерной науки: проблемно ориентированный подход» [22]. В разделе 1 «Приоритетные направления исследований по ИКТ и конвергентным технологиям» И.М. Зацман сослался на конкурс РФФИ 2011 г., в рамках которого «взаимопроникновение нано-, био-, информационных и когнитивных наук и технологий представлена как фактор формирования принципиально новой технологической базы цивилизации, основанной на воспроизведении систем и процессов живой природы в виде технических систем и технологических процессов, в том числе в виде информационно-компьютерных систем и процессов» [Там же]. В выступлении было упомянуто об американской и европейской программах развития конвергентных технологий, связанных с докладами «Конвергентные технологии для улучшения человеческого потенциала» (США, 2002) и «Конвергентные технологии для европейского общества знаний» (Европейский Союз, 2004). На Западе конвергентные технологии известны под аббревиатурой НБИК (NBIC) – «Нанотехнология, Биотехнология, Информационная технология и Когнитивная наука» [Там же].

В содержательном докладе И.М. Зацмана обращалось особое внимание на два проекта расширительного понимания информатики как единой информационно-компьютерной науки. Первый из них принадлежит американскому учёному Солу Горну (1912-1972), второй – российскому учёному Юлию Анатольевичу Шрейдеру (1927-1998). Эти проекты до сих пор не удалось реализовать в полной мере ни в одной стране мира. В то же время понимаемая таким образом информатика могла бы

стать концептуальной основой для формирования новых поколений информационно-коммуникационных технологий и конвергентных технологий.

Тема технологической конвергенции получила продолжение на семинаре спустя почти через четыре года. 25 февраля 2016 г. был заслушан доклад к.филос.н. Ю.Ю. Чёрного «Шестая волна технологических инноваций: от информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) к конвергентным нано-био-инфо-когнитивным (НБИК) технологиям» [23], а 17 марта 2016 г. – новый доклад И.М. Зацмана, ставшего к тому времени доктором технических наук, на тему «Информационно-компьютерные предпосылки и основания конвергенции естественнонаучных и социогуманитарных отраслей науки» [24].

Ю.Ю. Чёрный рассказал о программе развития конвергентных технологий в контексте длинных циклов макроэкономической динамики техногенной цивилизации (волн Н.Д. Кондратьева, составляющих 50 ± 10 лет). Это позволило связать совершающийся в настоящее время переход промышленно развитых стран к конвергентным технологиям с шестой волной технологических инноваций. Такие волны с периодичностью примерно в половину столетия сменяют друг друга с начала XIX в. (эпоха текстиля, эпоха пара, эпоха стали, эпоха нефти, эпоха компьютеров и телекоммуникаций, эпоха конвергентных технологий) [23].

И.М. Зацман познакомил участников семинара с новыми результатами исследований. Общая направленность работы осталась той же. Вместе с тем усилился важный вывод о том, что только информатика, понимаемая как общенаучное направление, может стать теоретической основой для развития конвергентных технологий будущего. Представляет интерес таблица информационных объектов двойной природы, образуемых на пересечении различных информационных сред (ментальная среда, социально-коммуникационная среда, цифровая электронная среда, ДНК-среда, нейрофизиологическая среда и др.). Так, например, на пересечении ментальной и ментальной сред образуется объект «Знание (Образ)», социально-коммуникационной и ментальной сред – также объект «Знак», цифровой электронной и социально-коммуникационной сред – объект «Формокод», ДНК-сред – объект «ДНК-код» и др. [24].

Сущность информации. Атрибутивный и функциональный подходы к пониманию сущности информации

Более полувека назад в отечественной науке сформировалось два разных подхода к определению сущности информации — атрибутивный и функциональный. Согласно первому подходу, информация — это результат отражения как всеобщего свойства материи, атрибут объективного мира. Поэтому она содержится в «самих вещах», в том числе и в не-

живой природе. В рамках второго подхода информация — свойство живых, социальных и технических систем, связанное с функцией управления. Поэтому в неживой природе информации быть не может. Многолетний теоретический спор атрибутивистов и функционалистов остался незавершённым.

Среди участников семинара есть сторонники как первой, так и второй точек зрения. Функциональный взгляд на информацию был представлен д.пед.н. А.В. Соколовым («Три лика информации: общенаучное понятие, философская категория, метафора», 24 апреля 2014 г.) [25] и д.б.н. М.А. Каменской («Понятие «информация» в представлении биолога», 5 июня 2014 г.) [26]. Атрибутивный подход реализован в докладе д.т.н. К.К. Колина («Философия информации: структура реальности и феномен информации», 7 февраля 2013 г.) [27], а также в двух докладах к.ф.-м.н. В.В. Саночкина, сделанных с интервалом в три с половиной года.

В.В. Саночкин — автор оригинальной концепции «Информация-структура». 1 марта 2012 г. он выступил с докладом «О возможности объединения различных представлений об информации» [28] и в ходе обсуждения встретился с серьёзной критикой своих идей. 17 декабря 2015 г. в докладе «О знаках, сообщениях, информации и преодолении субъективности» [29] В.В. Саночкин представил усовершенствованную версию концепции «Информация-структура». В ней особая роль придавалась предметным знакам (знакам-признакам), благодаря которым с нами «разговаривает» сама Природа. Таким образом, был сделан ещё один шаг в обосновании атрибутивной концепции информации, которую сам В.В. Саночкин именует фундаментальной.

На первом заседании семинара к.филос.н. Г.В. Хлебников рассказал о проекте «философии информации» современного британского философа итальянского происхождения Лучано Флориди («Философия информации Лучано Флориди», 10 февраля 2011 г.) [30]. Семантическая (знаниевая) теория информации Флориди представляет собой «компьютерную» философию, одну из разновидностей аналитической философии. В её рамках весь Универсум рассматривается как тотальность информационных объектов (людей, искусственных агентов и повседневных вещей), взаимодействующих друг с другом.

Информационный фактор в социальной и глобальной эволюции

13 декабря 2012 г. д.и.н. Ю.Л. Щапова и д.т.н. С.Н. Гринченко выступили с докладом «Числовая модель периодизации археологической эпохи: информационное поле и методология исследований» [31], в котором проблема информации рассматривалась в эволюционном контексте.

С.Н. Гринченко разработал информатико-кибернетическую модель развития неживой, живой и социально-технологической природы. Независимо от него Ю.Л. Щапова стремилась обнаружить закономерности смены археологических эпох, т.е. тех стадий существования доисторического человечества, о которых можно судить исключительно по материальным остаткам. Как выяснилось, для математического описания сменяющих друг друга эпох подходит ряд чисел Леонардо Пизанского, известного под прозвищем Фибоначчи (ряд Фибоначчи) — 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21 и т. д. Наложение друг на друга моделей С.Н. Гринченко и Ю.Л. Щаповой обнаружило почти полное их совпадение.

Принципиальный вывод, полученный учёными, состоит в том, что важнейшие изменения в жизни общества предопределены информационными скачками, время наступления которых может быть рассчитано математически. Цифровая революция наших дней — лишь одна из многих информационных революций в истории человеческой цивилизации.

«Информационные науки» как возможный класс Номенклатуры специальностей научных работников

В центре внимания д.пед.н. Ю.Н. Столярова («Информационные науки» как возможный класс Номенклатуры специальностей научных работников», 30 января 2014 г.) [32] находилась до сих пор не решённая проблема о месте дисциплин документального цикла в Номенклатуре специальностей научных работников Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Министерства образования и науки Российской Федерации. Ю.Н. Столяров убедительно показал, что неприятие в Советском Союзе документологического подхода, предложенного в своё время бельгийским учёным и отечественным деятелем П. Отле (документология — общая наука о документе), привела к драматическим последствиям. Такие дисциплины как библиотековедение, библиографоведение и книговедение до сих пор «кочуют» по Номенклатуре специальностей ВАК, относясь то к техническим дисциплинам, то к социологии, то к культурологии, не находя своего собственного места. Опираясь на результаты обсуждений проблемы в среде специалистов, Ю.Н. Столяров предложил создать в рамках Номенклатуры специальностей научных работников новый класс «Информационные науки», куда бы входили Информатика, Информационные системы и процессы в сфере естествознания, Информационные системы и процессы в сфере техники, а также Информационные системы и процессы в социальной сфере (в том числе документология, документалистика, документоведение, архивоведение, книговедение, библиотековедение, библиографоведение, музееведение и журналистика).

Преподавание информатики в средней и высшей школе

Д.ф.-м.н., д.пед.н. С.А. Бешенков, д.пед.н. И.И. Трубина и к.пед.н. Э.В. Миндзаева выступили 21 мая 2012 г. с докладом «Курс информатики в современной школе» [33]. Они представили историю преподавания информатики в школах СССР и России, начиная с 1 сентября 1985 г. Инициатором введения обязательного курса информатики в средней школе был академик А.П. Ершов. Вместе с тем любая научная дисциплина, попав в школьную программу, подчиняется в своём развитии законам дидактики. Так случилось и с информатикой. Вначале она понималась как «компьютерная грамотность», затем — как общеобразовательный предмет, фундаментальная естественнонаучная дисциплина и, наконец, как «метапредмет». Метапредметный характер информатики выражается в том, что, с одной стороны, её понятийный аппарат позволяет устанавливать связи между весьма далёкими на первый взгляд явлениями, с другой — информатика является методологической базой, позволяющей выделить в других дисциплинах общие принципы структурирования информации. Важнейшую роль здесь играют такие общеинформационные принципы как основной тезис формализации, принцип информационного моделирования, принцип информационного управления, принцип нелокальности информационных взаимодействий и принцип универсальности цифрового кодирования [Там же].

К.т.н. В.П. Седякин и д.т.н. И.В. Соловьёв («О третьей проблеме Лучано Флориди и классификации информатик», 11 октября 2012 г.) [34] привлекли внимание к проблеме отсутствия единой терминологии в области информатики в высших учебных заведениях (на примере МИИГАиК - Московского государственного университета аэрофотосъёмки, геодезии и картографии). Нередко преподаватель, читающий очередную информационную дисциплину, рекомендует студентам забыть то понимание терминов, которое они приобрели ранее, и переучиваться «под него», если они хотят сдать экзамен или получить зачёт. Это приводит студентов к разочарованиям в науке под названием информатика. Авторы доклада признали это состояние неудовлетворительным и предложили эмпирически и логически обоснованную классификацию известных направлений информатики для последующей содержательной дискуссии по структуре информационных наук, включая их единые основания в виде «общей» информатики.

Гуманитарные исследования в цифровую эпоху

К.и.н. И.М. Гарскова («Гуманитарные исследования в цифровую эпоху: методы, технологии, ресурсы», 31 марта 2014 г.) [35] рассмотрела вопросы, связанные с изменениями, происходящими в науке и образова-

нии в цифровую эпоху, особенно благодаря появлению Интернета, который стал незаменимым источником информации, в том числе профессиональной. В её докладе была проанализирована специфика предшествующих этапов развития информационного подхода в гуманитарных исследованиях, особенности национальных школ. Была дана характеристика современного состояния и перспектив “Digital Humanities” – новой информационной среды гуманитарных исследований с распределёнными ресурсами, доступными посредством сетевых коммуникаций.

В центре внимания д.полит.н. Е.В. Бродовской, к.т.н. А.А. Азарова, к.социол.н. А.Ю. Домбровской и О.В. Дмитриевой («Социальный компьютеринг: история, методология, исследовательские проекты», 17 мая 2014 г.) [36] находилась проблема социального компьютеринга. Появление в конце XX века интернет-коммуникации и её интенсивное развитие оказало колоссальное воздействие на все сферы жизнедеятельности общества. С одной стороны, киберпространство предложило новый способ социального поведения людей, формирования их сознания и жизненных стратегий. С другой – интернет-технологии обеспечили учёным возможность аккумулирования цифровых «следов» социальных установок, мнений, ожиданий. Этот глобальный массив социальной информации представляет собой объект исследования большого числа научных дисциплин. Социальный компьютеринг — интегральная область, изучающая взаимодействие информационных, политических, социальных и духовных процессов.

К.ф.н. И.В. Жилавская («Медиаобразование как фактор, способствующий самоактуализации личности в информационном обществе», 28 января 2016 г.) [37] говорила о том, что во второй половине XX века человечество столкнулось с целым рядом проблем, от решения которых зависит будущее цивилизации. Эти проблемы были названы глобальными (общечеловеческими, планетарными, универсальными и др.). Составной частью экологии, связанной с обеспечением выживания вида *Homo sapiens*, является экология медиапространства. Данная область научных исследований приобретает всё большую актуальность в связи с необходимостью понимания и переосмысления роли и места человека в глобальной медиа-информационной системе. Задача системного видения и осознания происходящих в современном мире процессов неизбежно приводит к репрезентации понятий «информация», «медиа», «коммуникация» как частей некой единой и целостной концептуальной триады. На повестку дня научных исследований выходит проблематика медиаобразования, которая понимается как технология, способствующая самоактуализации личности в информационном обществе.

Информация и библиотека

Д.пед.н. А.В. Соколов («О взаимосвязях информатики и библиотековедения», 15 марта 2013 г.) [38] представил осмысление связей между информатикой и библиотековедением за 40 лет, начиная с написанных совместно с А.И. Манкевичем статей «Информатика в перспективе» и «Информатика для библиотекарей» и кончая монографиями «Науки об информации и библиотекарь» и «Философия информации». По его мнению, в истории взаимоотношений между информатикой и библиотековедением сменились три этапа: 1) 1960-е гг. - этап автономии, когда информационные службы и библиотеки рассматривались как разные социальные институты, предназначенные для удовлетворения различных потребностей общества; 2) 1970-е–80-е годы - этап взаимодействия в теории и на практике; 3) наши дни — этап интеграции, точнее информатизации библиотечного дела, библиотечной науки, библиотечного образования. По мнению А.В. Соколова, сегодня мы являемся свидетелями экспансии информационного мировоззрения и информационных технологий во все сферы современной цивилизации.

Библиотеки, библиографические службы, органы НТИ, ставящие своей конечной целью удовлетворение личных и общественных информационных потребностей, не могут достичь своей цели иначе, чем путём предоставления потребителям документов, содержащих запрошенные ими знания, художественные произведения, ценностные ориентации. Фактически они удовлетворяют познавательные, эстетические, регуляторные потребности своих читателей, метафорически обозначая эту деятельность как «удовлетворение информационных потребностей». Следовательно, «информационная потребность» – это абстрактная метафора, обобщающая конкретные потребности людей в достоверных знаниях, художественных фантазиях, эмоциональных переживаниях, практических рекомендациях. Стратегия и тактика библиотечно-библиографического обслуживания должны быть ориентированы не на абстрактные информационные потребности, а на запросы в конкретных смыслах, образующих содержание семантической информации.

Информация — это метафора коммуникационных процессов, в том числе и библиотечно-библиографической коммуникации. В пределах библиотечно-библиографической сферы информация есть библиотечная метафора коммуникации. В метафоризации такого рода заключается суть информатизации библиотековедческой и библиографоведческой теории.

Д.пед.н. В.В. Брежнева и д.ф.н. Р.С. Гиляревский («От информационного обслуживания к информационному менеджменту», 20 ноября 2014 г.) [39] затронули ряд фундаментальных проблем, касающихся информационного обслуживания и информационного менеджмента. Это

два разных вида деятельности, интенсивно развивающиеся независимо друг от друга и в то же время находящиеся в тесном взаимодействии. При этом они закономерно входят в одну сферу профессионального образования, которая называется библиотечно-информационной.

Впервые информационное обслуживание учёных обсуждалось отдельно от библиотечного дела и библиографии в 1895 г. П. Отле и А. Лафонтеном на Международном библиографическом конгрессе в Брюсселе. Отле и Лафонтен заявили, что учёные и специалисты нуждаются не столько в книгах и журналах, сколько в извлечённых из них сведениях. Они назвали эти сведения документацией. Это послужило началом создания нового вида деятельности, которая теперь называется информационной и новой науки, которую мы теперь называем информатикой.

Информационный менеджмент возник как специальная область менеджмента (теории и практики управления), выделившаяся в самостоятельное направление в конце 70-х гг. XX в. По мнению бизнесменов, это совокупность всех необходимых для управления решений на всех этапах жизненного цикла предприятия. Она включает все действия и операции, связанные как с информацией во всех её формах и состояниях, так и с предприятием в целом.

В.В. Брежнева и Р.С. Гиляревский обратили особое внимание на то, что в настоящее время информационное обслуживание развивается в рамках сервисного подхода. Это означает, что деятельность по удовлетворению информационных потребностей конечных пользователей путём предоставления им информационных продуктов и услуг происходит не обязательно в рамках библиотеки или информационного центра. Сервисный подход предполагает переход от ориентации на внутренние количественные показатели к оценке качества информационного обслуживания самим потребителем. При этом формы обслуживания разнообразны: внестационарное обслуживание, координация взаимодействия библиографов-предметников с соответствующими специалистами-пользователями, встроенное обслуживание, когда обслуживающий персонал становится частью обслуживаемой среды, комбинированное (смешанное) обслуживание и др.

К.филос.н. А.К. Воскресенский («Информация и библиотека: методология библиографии и библиотечная философия», 31 марта 2014 г.) [40] отметил, что сферы библиографии и библиотечного дела в ходе естественного развития своей проблематики и теоретических подходов вышли на использование информационного подхода и понятия «информация». Пройдя этап теоретического анализа понятий «книга» и «документ», изучения процессов чтения, взаимодействия автора и читателя, в последние десятилетия теоретические исследования в сфере библиографии и библиотечного дела основываются на применении информацион-

ного подхода в парадигме социальной коммуникации. В докладе были затронуты философские аспекты понятий «информация» и «документ», философия книги и документа, методология библиографии и перспективы развития российского библиотечно-библиографического института.

Заключение

Несколько лет работы семинара «Методологические проблемы наук об информации» показали, что российское научное сообщество обладает творческим потенциалом для решения сложных проблем, стоящих перед представителями различных информационных дисциплин. Была продемонстрирована теоретическая возможность создания единой «информатики с человеческим лицом», основным элементом которой будет человек. Вместе с тем нельзя исключать и иного варианта развития событий, при котором обработка данных при помощи автоматических устройств окажется самоцелью. В этом случае информатика, понимаемая как «информационная автоматика», станет основой для радикального преобразования окружающего мира, в том числе тела и сознания человека. Этот путь научно-технологического развития сопряжён со многими рисками и может привести к непредсказуемым последствиям. Таким образом, судьба информатики и других дисциплин информационно-коммуникационного цикла зависит не только от выбора учёных, но и от приоритетов развития государства и общества.

Список литературы

1. Computer science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_science
2. Information science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Information_science
3. Открытое образование. – 2010. – № 6 (83). – С. 84-119. (Опубликованы тексты докладов д.т.н. К.К. Колина, д.филос.н. А.Д. Урсула, к.филос.н. Ю.Ю. Чёрного, д.т.н. С.Н. Гринченко).
4. Сукиасян Э.Р., Чёрный Ю.Ю. Единая среда как фактор развития науки // Научные и технические библиотеки. – 2013. – № 4. – С. 21-28. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gpntb.ru/ntb/ntb/2013/4/ntb_4_2_2013.pdf
5. Чёрный Ю.Ю. Полисемия в науке: когда она вредна? (на примере информатики) // Открытое образование. – 2010. - № 6. – С. 97-107.
6. Сукиасян Э.Р. Многоликая «информатика». Классификационный анализ // Научные и технические библиотеки. – М., 2010. – № 2. – С. 42-47. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ellib.gpntb.ru/subscribe/index.php?art=6&journal=ntb&num=2&year=2010>
7. Семинар «Методологические проблемы наук об информации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://inion.ru/seminars.mpmi>

8. Метафизика. Научный журнал // Российский университет дружбы народов. - 2013. - № 4 (10). - С. 7. Режим доступа: <http://lib.rudn.ru/35>

9. Заседания [семинара «Методологические проблемы наук об информации»] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=427

10. Сукиасян Э.Р. Информатика в Библиотечно-библиографической классификации. 4-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 3 ноября 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=431

11. Сукиасян Э.Р. Информатика: сущность понятия, границы, дефиниция (о предварительных итогах проведённого анкетирования). 13-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 27 июня 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=484

12. Сукиасян Э. Р. Важный шаг в понимании Информатики (Итоги 13-го заседания Семинара в ИНИОН РАН) // Научные и технические библиотеки. – 2013. – № 11. – С. 88-93.

13. Сукиасян Э. Р. Информатика в системе наук // Библиотечковедение. – 2013. – № 5. – С. 28–31.

14. Сукиасян Э.Р. Терминосистема Информатики. Современные представления // Библиотечное дело – 2015: Документно-информационные коммуникации и библиотеки в пространстве культуры, образования и науки: Скворцовские чтения: материалы двадцатой междунар. науч. конф. (22–23 апр. 2015 г.). – Ч. 1. – М.: МГУКИ, 2015. – С. 195–199.

15. Сукиасян Э.Р. Информатика. Надо договориться о едином понимании науки и термина // Научно-техническая информация. Серия 1. Организация и методика информационной работы. – 2016. – № 4. – С. 7-9.

16. Сукиасян Э.Р. «Окружение» Информатики (проект отдела «Общественное и междисциплинарное знание» в Библиотечно-библиографической классификации). 22-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 3 декабря 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=580

17. Сейфуль-Мулюков Р.Б. Information science: содержание предметной области. 2-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 7 апреля 2011 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=429

18. Антопольский А.Б. О представлении информационно-компьютерных наук в различных классификационных системах. 28-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 26 мая 2016 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=605

19. Чёрный Ю.Ю. Сибирская школа информатики академика А.П. Ершова: впечатления очевидца. 3-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 30 июня 2011 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=430

20. Волкова В.Н. Информатика: семь идей профессора Ф.Е. Темникова. 14-е заседание семинара «Методологические проблемы

наук об информации». 28 ноября 2013 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=491

21. Шилов В.В. Ледокол: труды и дни Анатолия Ивановича Китова. 27-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 7 апреля 2016 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=598

22. Зацман И.М. Построение системы терминов информационно-компьютерной науки: проблемно-ориентированный подход. 6-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 19 апреля 2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=438

23. Чёрный Ю.Ю. Шестая волна технологических инноваций: от информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) к конвергентным нано-био-инфо-когнитивным (НБИК) технологиям. 25-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 25 февраля 2016 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=590

24. Зацман И.М. Информационно-компьютерные предпосылки и основания конвергенции естественнонаучной и социогуманитарной отраслей науки. 26-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 17 марта 2016 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=594

25. Соколов А.В. Три лика информации: общенаучное понятие, философская категория, метафора. 17-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 24 апреля 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=514http://inion.ru/index.php?page_id=509

26. Каменская М.А. Понятие «информация» в представлении биолога. 19-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 5 июня 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=514

27. Колин К.К. Философия информации: структура реальности и феномен информации. 10-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 7 февраля 2013 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=472

28. Саночкин В.В. О возможности объединения различных представлений об информации. 5-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 1 марта 2012 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=432

29. Саночкин В.В. О знаках, сообщениях, информации и преодолении субъективности. 23-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 17 декабря 2015 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=581

30. Хлебников Г.В. Философия информации Лучано Флориди. 1-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 10 февраля 2011 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=428

31. Шапова Ю.Л., Гринченко С.Н. Числовая модель периодизации археологической эпохи: информационное поле и методология исследований. 9-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 13 декабря 2012 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=452

32. Столяров Ю.Н. «Информационные науки» как возможный класс Номенклатуры специальностей научных работников. 15-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 30 января 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=498

33. Бешенков С.А., Трубина И.А., Миндзаева Э.В. Курс информатики в современной школе. 7-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 21 мая 2012 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=440

34. Седякин В.П., Соловьев И.В. О третьей проблеме Лучано Флориди и классификации информатик. 8-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 11 октября 2012 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=443

35. Гарскова И.М. Гуманитарные исследования в цифровую эпоху: методы, технологии, ресурсы. 16-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 31 марта 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=502

36. Бродовская Е.В., Азаров А.А., Домбровская Е.Ю., Дмитриева О.В. Социальный компьютеринг: история, методология, исследовательские проекты. 18-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 17 мая 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=512

37. Жилавская И.В. Медиаобразование как фактор, способствующий самоактуализации личности в информационном обществе. 24-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 28 января 2016 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=584

38. Соколов А.В. О взаимосвязях информатики и библиотековедения. 11-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 15 марта 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=477

39. Брежнева В.В., Гиляревский Р.С. От информационного обслуживания к информационному менеджменту. 20-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 20 ноября 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=537

40. Воскресенский А.К. Информация и библиотека: методология библиографии и библиотечная философия. 16-е заседание семинара «Методологические проблемы наук об информации». 31 марта 2014 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://inion.ru/index.php?page_id=502.

УДК: 316.334.3

Тарасенко Феликс Петрович
доктор технических наук, профессор

**ПРЕПОДАВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ
ДОЛЖНО СТАТЬ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ
ВО ВСЕХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ**

Россия, Томск; Национальный исследовательский
Томский государственный университет
ftara@ich.tsu.ru

Аннотация. Приводятся доводы, обосновывающие необходимость сделать обязательным преподавание системных наук и технологий на всех уровнях образования – от школьного до высшего и пожизненного, при подготовке и повышении квалификации профессионалов любой специальности и, прежде всего, – специалистов в теории и практике управления социальными системами: лиц, принимающих управленческие решения, – менеджеров всех профилей, руководителей предприятий и организаций, чиновников во всех органах государственной и муниципальной власти, ответственных сотрудников международных политических и экономических учреждений.

Ключевые слова: Решение проблем, системный анализ, общее и профессиональное образование, системность деятельности как залог успеха.

Felix P. Tarasenko
D.Sc. (Information theory and Cybernetics), Prof.

**SYSTEMS THINKING AND PROJECT THINKING
MUST BECOME MAJORS IN ALL EDUCATIONAL PROGRAMS**
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
ftara@ich.tsu.ru

Abstract. The arguments are presented for the necessity of teaching systems science and technologies at all levels of education – from secondary schools to universities to professional training and re-training, – for any specialty, but especially for professionals in theory and practice of governance: the decision-makers – managers, officers in state and municipal organs and in the international political or economic institutions.

Keywords: Problemsolving, systems analysis, general and professional education, systems thinking as a success guarantee.

Что бы ни делал человек, он решает *свою проблему* – старается перевести некоторую систему (интересующую его часть реальности) из неудовлетворяющего его состояния *проблемной ситуации* в желательное для него *целевое* состояние. Необходимые для этого действия субъект планирует на основании своих знаний об изменяемой системе и о ресурсах, необходимых для осуществления изменений. Успех мероприятия зависит от того, насколько полны и точны эти наши знания: осуществить можно только то, что не противоречит законам Природы.

Поскольку что бы мы ни делали, мы имеем дело с одной, единой для всех, природой (хотя и с разных сторон, и с разными намерениями), нам необходимы знания о том, как устроена природа – в той её части, с которой мы имеем дело. Так и образуются отдельные теоретические дисциплины (физика, биология, социология, и пр.) и отдельные практические профессии (инженер, строитель, врач, артист, менеджер, политик, и пр.). Однако, всё более углублённый анализ профессиональных подробностей при обучении специалистов как бы оттесняет на обочину компетенций профессионала необходимость овладения синтетическими знаниями о системности всей природы. Теоретики и мыслящие практики образования давно обращали внимание общества на необходимость развития системного мышления уже в школьном образовании (одна из недавних таких успешных попыток описана в книге «Преобразование образования» [1]), и на острую необходимость применения междисциплинарного, системного подхода в решении даже узкопрофессиональных проблем. Ф.И.Перегудов, будучи министром высшего образования РСФСР в 80-х гг., ввёл в число обязательных предметов для радиотехнических специальностей курс «Системного анализа». Большие усилия по включению в программы инженерных специальностей прилагает системологическая школа Санкт-Петербургского политехнического университета, регулярно проводящая международные научно-практические конференции по системному анализу в проектировании и управлении, публикующая учебную литературу по теории систем [2]. Но присущая всем системам инертность, сопротивление изменениям, пожалуй, в максимальной степени выражена в консерватизме системы образования: распоряжение Ф.И. Перегудова было отменено после его ухода; так и не появились системные дисциплины в числе обязательных предметов даже в последних поколениях ГОС (государственных образовательных стандартов).

Недостаточность общесистемной компетенции ощущается во всех профессиях. Но особенно остро она проявляется в профессии управления социальными системами. На всех уровнях управленческой иерархии наблюдается очень частое принятие ошибочных решений, приводящих к неудаче в достижении объявленной цели. Провалом заканчиваются по-

пытки США насильно внедрить свою форму демократии в арабских странах; распался Советский Союз; переживает кризис идея единения в Европейском Союзе наций с разными культурами; не привела к успеху ни одна из одиннадцати государственных программ президента Медведева; Черномырдин даже обобщил такую особенность управления в одном из своих афоризмов: «Хотели, как лучше, получилось как всегда!». В случае неудачи руководитель ищет виноватых вокруг себя: происки врагов, ошибки исполнителей, обстоятельства непреодолимой силы. А на самом деле виновен только он сам: при проектировании управленческого решения он не учёл существенных особенностей изменяемой системы, и не включил в своё решение мер противодействия проискам врагов, мер по повышению квалификации исполнителей, мер по изменению управления в случае наступления чрезвычайных обстоятельств. Часто руководитель просто не видит необходимости повысить системность своих решений: например, Горбачёв отказался от разработки решения проблемы Нагорного Карабаха по технологии интерактивного планирования Р. Акоффа, и не стал рассматривать предложения IIASA (Международного института прикладного системного анализа) о технологии перехода страны от одного политэкономического уклада к другому; Черномырдин отказался выслушать соображения десяти лауреатов Нобелевской премии по экономике о том, какие изменения стоило бы ввести в совершающиеся реформы в новой России, Медведев не откликнулся на мои предложения о внесении поправок в его программу модернизации экономики «Вперёд, Россия!».

Предложения о совершенствовании образования вообще и профессиональной подготовки управленцев в особенности, – за счёт обязательного включения в образовательные программы дисциплин по теории и практике управления системами, – поступают от учёных и педагогов всего мира; свой скромный вклад в этот поток предложений ([3 – 17]) я решил пополнить изложением здесь дополнительных аргументов, уже не локального, внутрироссийского, а глобального масштаба, бóльшая часть которых представлена в книге Малколма Макинтоша [18]. Он прямо заявляет: «Наши методы обучения и наш подход к образованию (эти два понятия должны стать синонимами) и определяют шансы человечества на выживание». Надеюсь, что хоть это подвигнет наших руководителей системы образования на необходимые реформы.

Как сказал поэт, «Всё имеет свой конец, своё начало». Или, говоря на языке современной системологии, *жизненный цикл любой системы конечен*. Физики обнаружили, что наша Вселенная расширяется (т.е. находится на начальных стадиях своего жизненного цикла), измерили скорость её расширения, и смогли вычислить, как давно произошёл «Большой

шой Взрыв», породивший Вселенную. Но они пока не могут вычислить, когда закончится её жизненный цикл, поскольку они открыли ещё не все законы её развития. И каждой части в системной иерархии Вселенной присущ свой жизненный цикл. Астрономы наблюдают, как в наши времена на небосклоне вспыхивают «сверхновые» звёзды, и как звёзды, вспыхнувшие миллиарды лет назад, тускнеют, становясь «красными карликами», постепенно превращаются в «чёрные дыры». И у нашей планеты Земля течёт свой жизненный цикл: геологи, археологи и биологи определили время возникновения Земли и время зарождения жизни на Земле (около 4 миллиардов лет назад), смогли оценить жизненные циклы вымерших миллионы лет назад видов живых существ (например, птеродактилей, птерозавров, динозавров, мамонтов, и пр.). И каждый элемент системы тоже имеет свой жизненный цикл. С сегодняшняя оценка начала существования *человечества* на земле – около 4 миллионов лет назад; за это время сменилось несколько поколений цивилизаций (обнаружены окаменевшие следы ступней человека рядом со следами динозавра; в каменном угле нашлись металлические артефакты; найдены раскопки древних городов, разрушенных термоядерным взрывом десятки тысяч лет назад); наша цивилизация, по оценкам дарвинистов, началась около 20 000 лет назад. Дарвин открыл механизм динамики жизненного цикла животного и растительного мира и дал ему название – *эволюция*.

Конечно, наибольший интерес для нас, современных людей, представляет наш собственный жизненный цикл: мы стремимся увеличить продолжительность жизни каждого из нас (развиваем для этого средства: здоровое питание, здоровый образ жизни, здравоохранение, сохранение окружающей среды), стараемся повысить качество жизни всего сообщества, развивая общественное производство, распределение и потребление материальных и духовных благ. История показывает, что человечество эволюционирует действительно прогрессивно, хоть и с не одинаковой скоростью во всех его частях.

Однако, в жизни людей на Земле в прошлом веке проявились, а в двадцать первом веке заметно ускорились изменения, которые характерны для завершающих этапов жизненного цикла. Человечество заметило и начало осознавать, что назревают разнообразные события, каждое из которых грозит ему гибелью. Желая удлинить наш жизненный цикл, мы можем попытаться замедлить или остановить эти изменения, но наши возможности сделать это сильно разнятся для разных факторов. Сегодня вполне чётко осознаны некоторые факторы гибели человечества как фрагмента в иерархической фракталоподобной структуре Вселенной:

- *Глобальное потепление климата.* Среднегодовая температура на Земле возрастает на 1^0 С в год. При сохранении этой тенденции, через несколько десятилетий люди просто не выживут в такой жаре. Климатологи установили, что основной вклад в потепление вносит «парниковый эффект», – удержание тепла(инфракрасного излучения) в атмосфере Земли экраном из углеродных газов, являющихся отходами сгорания угля, нефти и газа в наших энергетических системах. Другой вклад в нагревание атмосферы даёт ультрафиолетовое излучение Солнца, проникающее в атмосферу сквозь «озоновые дыры» в ионосфере земли; а нейтрализация озонового экранного слоя происходит в значительной мере за счёт выброса в атмосферу газов типа фреона, используемого в нашей холодильной промышленности. У нас есть не больше тридцати лет на то, чтобы попытаться остановить потепление климата.

- *Истощение запасов природных ресурсов.* Биологическое и социальное существование людей основано на потреблении веществ и энергий, черпаемых нами из окружающей нас природы: минералов, топлива, пресной воды, растительной и животной пищи, энергии природных динамических явлений (ветра, потока воды, химических и ядерных реакций). Мы живём, пока нам доступны необходимые для жизни ресурсы. А запасы этих ресурсов на планете Земля ограничены; поэтому одним из факторов завершения нашего жизненного цикла является срок полного истощения запасов. Этот срок зависит как от наличных (ограниченных) объёмов запасов, так и от темпов их потребления нами, – даже для возобновляемых ресурсов: если потреблять возобновляемый ресурс быстрее скорости его восстановления, он истощится (как вырубка лесов превратила в пустыни целые регионы; как исчезли целые виды промысловых рыб: нынешнее поколение уже не знает названий вкуснейших пристипомы и бельдюги). У нас есть только две возможности оттянуть срок истощения природных ресурсов: переход на «неистощимые» (т.е. с более длительным жизненным циклом, чем наш) источники энергии, – ветряные генераторы энергии, солнечные батареи, энергия термальных вод, гидро- и приливно-отливные электростанции, – и сокращение темпов потребления ресурсов (повышать КПД двигателей, создавать безотходные технологии, и – ограничить рост численности населения Земли). С разной интенсивностью, но человечество использует все эти возможности.

- *Катастрофическое изменение среды обитания,* – в результате естественной (столкновение Земли с крупным метеоритом) или искусственной причины (мировая война с применением ядерного оружия). Шансы на выживание связаны с возможностью в первом случае изменить траекторию метеорита или раздробить его на мелкие части, или переселиться загодя под землю, под воды океана или на другие планеты,

а во втором – предотвратить развязывание ядерной войны. Человечество работает (с разной эффективностью) над обеими трудными проблемами.

- *Завершение жизненного цикла текущего политико-экономического уклада человеческого общества.* Эволюция человеческих сообществ в стремлении к улучшению жизни общества переходила от первобытно-общинного строя к феодальному, затем к капиталистическому, социалистическому или коммунистическому. Каждый уклад имел преимущества перед предыдущими, но и имел свои недостатки, ведущие к завершению и его жизненного цикла. Сегодня идея «хорошей, правильной» жизни, имеющей более длительный жизненный цикл, чем текущий социально-экономический уклад, реализуется по-своему на разных уровнях организационной иерархии человеческого общества:

- На личном, **персональном уровне** – это медитация, уход хотя бы эпизодически в уединённое созерцание мира (что Макинтош рекомендует всем лидерам современности), и что на постоянной основе практикуется отшельниками и буддийскими монахами.

- На **уровне локальных сообществ** – это либо открытые сообщества, нацеленные на «всеобщее благополучие»: благотворительные общественные организации типа Красного Креста, Ротари, Методистской конфессии, либо обособленные группы, нацеленные на установление справедливых отношений коммунистического типа внутри себя, вроде российских староверов или израильских киббуц (подробности о киббуцах можно найти в Википедии: Г.Брюгеманн, М.Вайдингер, «Израильский киббуц – модель альтернативного социализма?»).

- На **уровне организаций и предприятий**; – для предотвращения краха предприятия (конца его жизненного цикла), современные теория и практика управления социальными системами (организациями) выработали методологию и технологии системного решения управленческих проблем. Фундаментальный обзор десятка таких технологий (для организаций с разными корпоративными культурами) приведён в монографии М.С.Джексона «Системное мышление: творческий холизм для менеджеров» [19]. Обращает на себя внимание, что повышение вероятности успеха управления организацией обеспечивается за счёт повышения уровня системности планирования управленческого решения («системное мышление») и системности исполнения решения («системная практика», «проектное мышление»). Это выдвигает на первый план в образовании (профессиональной подготовке) управленцев всех уровней изуче-

ние методологии и технологии, теории и практики *системного* обращения человека с реальностью.

- На **уровне государств**, история социальной эволюции породила три варианта (с возможными гибридными комбинациями) – империя, федерация и национальное государство. История показывает, что наибольшей эффективностью и устойчивостью (наибольшей длительностью жизненного цикла) обладает государство мононациональное – в полном соответствии с дарвиновской генетической теорией происхождения видов и экологической теорией симбиоза разных видов. Но и для «самых лучших» систем жизненный цикл ограничен; и во всех социальных системах встаёт вопрос лишь о возможностях людей отодвинуть неизбежный конец конкретной системы. На примере конкретного государства (США) этот вопрос подробно рассмотрел Рассел Акофф в статье «За пределами социализма и капитализма: развивающееся общество» [20]. Он показал, что продление существования государств, переживающих завершающие этапы жизненного цикла социализма или капитализма, возможно только за счёт развития: обучения и адаптации к изменениям, происходящим в окружающей среде (а это и есть механизм естественной эволюции!). По разработанной им системной технологии *идеализированного проектирования* (интерактивного планирования) [21], Акофф построил (в первом приближении) проект необходимых изменений в политике, экономике и технологии в конкретном государстве – Соединённых Штатах Америки. И здесь центральное место в новой политико-экономической системе занимает инфраструктура обучения и адаптации – обеспечение естественной эволюции с помощью познания объективной системности природы человеческого общества и использования этих знаний в практике управления.

- Проблему выживания социальных систем на самом высоком, глобальном, уровне, – на **уровне всего человечества**, живущего на планете Земля, Малколм Макинтош рассматривает в книге [18].

Обсудив необходимость сознательной адаптации человечества к объективным угрозам (потепление климата и истощение природных ресурсов), он сосредотачивает основное внимание на угрозе *субъективного* характера, – кризисе установившейся в последние десятилетия модели капитализма: неолиберального «свободного рынка» с его «невидимой рукой», которая, как уверяют апологеты неолиберализма, рационально гармонизирует отношения всех участников рынка ко всеобщему благу. Френсис Фукуяма даже объявил неолиберальный капитализм высшим возможным состоянием развития человечества, – «концом истории» [24]. Но наступление краха существующей глобальной экономики в двадцать

первом веке давно предсказывали и математические модели Римского клуба; а реальные признаки этого уже наблюдаются в виде всемирных финансовых кризисов (последний произошёл в 2008\9 гг.), или в виде неудачной попытки установить неолиберальный капитализм в России после распада Советского Союза («лихие девяностые»). На то же указывают и политические потрясения, происходящие в Европе и во всём мире. В частности, неолиберальная идея мультикультурализма, одна из идейных основ Евросоюза, дала сбой на предположении о несущественности различий между национальными культурами при создании единой системы согласованно действующих наций.

Макинтош утверждает, что построить *хорошее общество* можно только сменив парадигму, взгляд на реальность, построив *новую политическую экономию*. Необходимость этого мировое сообщество интенсивно обсуждает на межгосударственном уровне и на уровне ООН, как проблеме *устойчивого развития* глобальной и локальной экономики.

Макинтош перечисляет следующие основные компоненты новой политэкономии:

- *Глобальность, глобализм и глобализация*: многостороннее и многоуровневое осознание того факта, что человечество, состоящее из разных (национальных) сообществ, живёт на едином ограниченном пространстве планеты Земля, разделяя его между собой и с другими живыми видами особей, во многих отношениях: и по занимаемой площади на (ограниченной) поверхности Земли, и по потреблению необходимых для жизни ресурсов, содержащихся (в ограниченном количестве) на Земле, и по состоянию среды обитания на Земле (которое складывается в том числе и из воздействий на него всех живущих на ней).

- *Построение глобальной системы управления* деятельностью человечества, состоящего из взаимосвязанных разнородных *суверенных* (национальных) сообществ; построение системы *двойного гражданства*: глобального и локального. Сейчас сложилась своеобразная (ущербная) форма глобального правления, воздействия извне на национальные правительства: политически оно осуществляется (весьма ограничено) посредством международного права и решений ООН, а экономически – транснациональными, экстерриториальными корпорациями и банками, которые заняты не столько глобальными, сколько собственными интересами. Предстоит преобразовать систему глобального правления по канонам новой политэкономии.

- *Переосмыслить само понятие капитализма*, – отказаться от финансиализации всего: в реальности капиталом (мерилом, эквивалентом ценности) являются не только финансы, но и природные ресурсы, и

культура (информация), и производительный труд, и социальные блага. При рыночных расчётах следует учитывать не только деньги, но и все остальные формы капитала.

- *Феминизация стиля управления* на всех уровнях общества: не только повышение процента женщин во всех органах управления, а вообще в культуре управления уравновесить мужеподобные качества (агрессивность, категоричность, склонность к применению силы) женоподобными (заботливость, готовность помочь и поделиться, учёт интересов других, в том числе и чужих); в терминах восточной философии, – необходимо сбалансировать ян и инь.

- *При разработке управленческих решений обязательно учитывать не только количественные (объективные) данные, но и качественные (субъективные) оценки ситуации.* Использовать способность человеческого мозга познавать реальность не только сознательно, но и подсознательно (интуиция, предположения). Не противопоставлять науки точные, «естественные», наукам описательным, «гуманитарным». Использовать в процессе принятия решений не только достоверные научные данные, но и интуицию, верования и эмоции. (В кибернетике некоторые аспекты этой идеи развивались Д.А.Поспеловым – в «Ситуационном управлении» [22], и Л.Задэ – в «Теории размытых множеств» [23], но здесь дополнительно делается акцент на целесообразности учёта даже предположений о неведомом, типа религиозных догм, – как информации, тоже определяющей фактическое поведение людей.)

- Новая политэкономия предписывает конкретный алгоритм успешного управления обществом: *Обучение – Адаптация – Эволюция.* Необходимо ориентировать управление обществом не на достижение утопических (*субъективных*, привлекательных, но недостижимых из-за несовместимости с законами природы) целей, а на *эволюционное* продвижение к лучшему (неизвестному, но *объективно* возможному) состоянию полном соответствии с тем, как происходит естественное развитие всех природных систем. По существу, природная эволюция есть управление *сложной* системой, нацеленное на поиск неизвестного лучшего состояния по методу, известному в теории управления как «метод проб и ошибок»: 1) на текущей модели системы мы находим управляющее воздействие, дающее (на модели) желаемое улучшение; 2) найденное воздействие пробуем исполнить на реальной системе; 3) наблюдаем, действительно ли получилось то, чего мы хотели; 4) если не получилось, то данное пробное воздействие оказалось ошибочным – и только из-за того, что текущая модель содержала неполную или неточную информацию о системе; 5) оценив расхождение между тем, что ожидалось и тем, что получилось, мывносим в модель поправку (обучаемся на ошибке); 6) возвраща-

емся к выполнению на поправленной модели первой операции (адаптируемся к реальности). В целом, в своей книге Малколм Макинтош излагает убедительные аргументы в пользу того, что реальные шансы на максимальное продление жизненного цикла человечества заключаются в постоянном повышении наших знаний о системности нашего мира и системном использовании этих знаний для нашей адаптации к происходящим в мире изменениям.

Общий вывод: Преподавание прикладного системного анализа на всех уровнях общего образования и во всех программах профессиональной подготовки и переподготовки является не только условием повышения качества любой профессиональной деятельности (это оперативный уровень), но и главным фактором повышения уровня и качества жизни людей на Земле (это тактический уровень), и даже – единственной возможностью осознать и использовать наши реальные возможности отодвинуть подальше в будущее неизбежный (увы!) конец жизненного цикла нашей цивилизации (это стратегический уровень правления).

Список литературы

1. Р. Акофф, Д. Гринберг. Преобразование образования. (Перевод с англ.) Томск: Изд-во Томского университета, 2009.
2. В.Н.Волкова, А.А.Денисов. Теория систем. М.: Изд-во «Высшая школа», 2006.
3. Ф.П.Тарасенко. Об одной из причин крушения СССР. «Проблемы управления в социальных системах», Изд-во ТГУ, 2012, Том 4, Вып.7, с. 103 – 113.
4. Ф.П.Тарасенко. О роли рейтингов в управлении системой образования. «Проблемы управления в социальных системах», Изд-во ТГУ, 2014, Том 7, Вып.11, с. 144 – 155.
5. Ф.П.Тарасенко. О роли ошибок в управленческой деятельности. «Проблемы управления в социальных системах», Изд-во ТГУ, 2010, Том 2, Вып.4, с. 30 – 48.
6. Ф.П.Тарасенко. О применении рейтинговых оценок в управлении вузом. Томск: Изд-во ТГУ. «Организационно-экономические механизмы в современном менеджменте», 2009.
7. Ф.П.Тарасенко. О компетенции управления качеством управления в образовательных программах. «Проблемы управления в социальных системах», Изд-во ТГУ, 2014, Том 7, Вып.10, с. 78 – 89.
8. Ф.П.Тарасенко. Дефекты в принятии решений лицами, облечёнными властью. «Проблемы управления в социальных системах», Изд-во ТГУ, 2012, Том 4, Вып.6, с. 17 – 34.
9. Ф.П.Тарасенко. Прикладной системный анализ. М.: «Кнорус», 2017
10. Ф.П.Тарасенко. Роль системного мышления и системной практики в подготовке специалистов. «Системный анализ в проектировании и

- управлении». Сб. научных трудов XV Международной научно-практической конференции. СПб, Изд-во СПбГПУ, 2011, стр. 15 – 16.
11. Ф.П.Тарасенко. Системность – рычажная точка для преобразований инженерного образования. «Инженерное образование» 2012, № 11, с. 6 – 9.
 12. Ф.П.Тарасенко. Модернизация должна быть системной. М.: Ежегодник РАН, «Россия: тенденции и перспективы развития», 2013, Выпуск 8, Часть 1, с. 143 – 146.
 13. F.P.Tarasenko. On the Necessary Competence in Managerial Education – Management Quality Management. Studies in Systems Sciences, 2014, Vol.2, №1, pp. 33 – 38.
 14. Ф.П.Тарасенко. О некоторых возможностях повышения качества управления в социальных системах (на примере управления системой образования). М.: ИНИОН РАН, «Россия: Тенденции и перспективы развития», Часть 2, Вып. 11, 2016
 15. Ф.П.Тарасенко. О некоторых возможностях повышения качества управления в социальных системах. М.: Ежегодник РАН «Россия: Тенденции и перспективы развития», 2015, Выпуск 10, Часть III, 98 – 102.
 16. Ф.П.Тарасенко. О некоторых возможностях повышения качества управления в социальных системах (на примере управления системой образования). М.: ИНИОН РАН, «Россия: Тенденции и перспективы развития», Часть 2, Вып. 11, 2016.
 17. Ф.П.Тарасенко. О некоторых особенностях моделирования социальных систем в целях управления ими. Санкт-Петербург, Изд-во СПбГУ, 2016. Сборник научных трудов XX-й Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», 29 июня – 1 июля 2016 г. Часть 1, с. 59 – 66.
 18. M. McIntosh. Thinking the Twenty-First Century. Ideas for the New Political Economy. UK: Greenleaf Publishing, 2015.
 19. М.С.Джексон. Системное мышление: Творческий холизм для менеджеров. (Перев. с англ.). Томск: Издательский Дом ТГУ, 2016.
 20. Р. Акофф. За пределами капитализма и социализма: развивающееся общество. «Проблемы управления в социальных системах», Изд-во ТГУ, 2009, Том 1, Вып.1, с. 112 – 140.
 21. Р.Акофф, Дж.Магидсон, Г.Эддисон. Идеализированное проектирование. Создание будущего организации. (Перев. с англ.) Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007.
 22. Д.А.Поспелов. *Логико-лингвистические модели в системах управления*. М.: «Энергоиздат», 1981.
 23. Л.Задэ. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений*. М.: Изд-во «Мир», 1976.
 24. Ф.Фукуяма. *Конец истории и последний человек*. М.: Изд-во «Акт – Ермак», 2006..

ЦЕЛЕ- И ЦЕННОСТНООРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

г. Москва, Национальный институт бизнеса,
galinamoskinova@gmail.com

Аннотация: Цель: Идентификация и сравнительный анализ нового неклассического принципа организации и управления, наблюдаемого в естественных сложноорганизованных системах, определенного как ценностноориентированное (ценностное) управление. Метод: Системный анализ новой концепции управления в срезе трех дихотомий: «целевое – ценностное»; «гетерогенное – гомогенное» «рациональное – эволюционное»; первой – в отношении принципа управления, второй – формы организации, третьей – процессов и механизмов управления. Результаты и выводы: Выделенный принцип ценностного управления имеет широкое распространение в живой природе и обществе. В настоящее время не является предметом исследований в общей теории управления, однако все более активно развивается (пока изолированно) в различных областях приложений и имеет широкие перспективы развития.

Ключевые слова: общая теория управления, ценностноориентированное (ценностное) управление, сложная система, гомогенная система, управление в живой природе и обществе, моделирование систем управления.

Galina I. Moskinova,
Candidate of Technical Sciences, Professor

TARGET-BASED AND VALUE-BASED CONTROL / MANAGEMENT

Moscow, National Institute of Business,
galinamoskinova@gmail.com

Abstract. Goal: Identification and comparative analysis of the nonclassical principle of organization and control/management observed in natural complex systems and defined as value-based control/management. Method: Systems analysis of a new control/ management concept in the context of three dichotomies: "target – value"; "heterogeneous – homogeneous", "rational – evolutionary"; the first – with respect to the principle of control/management, the second – to the form of organization, the third – to the control/management

processes and mechanisms. Result and conclusions: Dedicated principle of value-based control/management is widespread in living nature and society. At present, it is not the subject of research in general control/management theory, however, is increasingly developing (so far in isolation) in various application areas and has broad prospects for development.

Keywords: general control/management theory, value-based control/management, complex system, homogenous system, control/management in living nature and society, modeling of control and management systems.

1. Управление. Самоорганизация. Ценности.

Управление. Сложность, объемность, многозначность понятия *управления* (в его русской транскрипции и обобщающем смысловом наполнении) сегодня достаточно очевидны [1]. Многозначность начинается уже с самого общего термина «управление», аналог которому отсутствует в ряде естественных языков, и перевод его на другие языки вызывает все большие трудности, несмотря на наличие в таких языках покрывающей совокупности более узких по смыслу понятий. Так в английском языке различие в представлениях об управлении выражается базовыми понятиями «control» и «manage», включая разные оттенки последнего, такие как «govern», «administer» и др., но нет обобщающего все эти понятия термина.

Далее, в смысловом наполнении термин «управление» в настоящее время не укладывается и в классические рамки, отведенные в свое время кибернетикой. Следуя традиции, теорию управления принято, хотя и с некоторыми оговорками, представлять «калькой» с английского "Control theory", где управление трактуют исключительно как функцию контроля, регулирования («control»), а под управлением понимают, по сути, любой процесс, ориентированный на достижение целей. (но как процесс «control»). В любом случае, нет цели – нет управления. Именно это содержание теории управления отражено в подавляющем большинстве современных отечественных учебников по теории управления, соответствующих определениях понятия управления в авторитетных толковых словарях и справочниках. В связи с этим рассмотрим два наиболее популярных сегодня понятия, имеющих прямое отношение к управлению, но не вписывающихся в классическую теорию управления – «самоорганизация» и «ценности».

Самоорганизация. Теория самоорганизации, или синергетика, не отвечает требованиям классической теории управления хотя бы потому, что в ней в принципе отсутствует понятие «цель», она не использует инструментарий классической теории управления, имеет собственный развитый математический аппарат [2-5]. В синергетике рассматривается эф-

фekt самоорганизации в ее стихийном, «синергетическом» проявлении эволюционных процессов развития через так называемые точки бифуркации с последующим взрывным, стихийным, спонтанным, непредсказуемым, по утверждению основателей, переходом через хаос на новую траекторию устойчивого развития.

При этом известный эволюционист Лима де Фариа независимо, на обширном материале неживой и, частично, живой природы показывает в ретроспекции, что переходы в условиях случайного стечения обстоятельств на новые формы организации сами по себе не случайны в смысле самих новых форм организации, которые возникают (были природой заложены) в глубине предыдущего развития [6].

Основные положения синергетики находят множество подтверждений для систем неживой и живой природы. Применительно к социальным системам (государству, семье и пр.) и к человеку как элементу любого социума вряд ли привлекателен спонтанный переход в эволюционном развитии – через бифуркацию, хаос и неопределенность, за которым может последовать дальнейшее развитие (хаос как открывающиеся возможности) или разрушение, ликвидация – регресс, тоже естественный. Примеры тому – революции, сопровождающиеся хаосом, резким снижением уровня жизни, как правило, войнами и пр. даже при позитивном переходе. С другой стороны, наличие интеллектуальной составляющей, явной активности элементов и социумов в целом дают некоторые основания для поиска новых принципов управления, возможностей постепенного, эволюционного «перестраивания» процессов развития, адаптации и самоорганизации системы, не допуская спонтанных переходов. Однако эти вопросы остаются вне рамок современной синергетики. Вместе с тем, не случайно в менеджменте большое внимание уделяется разработке теорий управления изменениями, или управления развитием [7, глава 11]..

Популярность и востребованность понятия самоорганизации не ограничиваются синергетикой и теориями управления изменениями. Самоорганизация как важнейшая функция управления (самоуправления) любой сложноорганизованной системы исследуется специалистами самых разных областей знаний, имеет более широкое, как и неоднозначное толкование [8-9]. Так, если в организационном управлении процессы и механизмы самоорганизации принято связывать, прежде всего, с обеспечением функции развития сложноорганизованных систем, то, например, в традиционных биологических науках под самоорганизацией обычно понимают и регуляцию (функция сохранения), и адаптацию (функция изменения, приспособления) без особого различия между этими тремя терминами.

В других случаях под самоорганизацией понимают, например: 1) способность любой открытой системы усложняться, эволюционировать, противостоять второму началу термодинамики; 2) способность к самовоспроизведению; 3) автопоэзийное самовоспроизведение частей, самовосстановление, самосотворение и т.п.; 4) способность соединяться в некие организованные, целостные совокупности, например в системах гомогенного типа посредством взаимодействий, имеющих локальный характер, [10-11] и др. Однако и внутри одной достаточно четко очерченной области монознаний существуют принципиально разные взгляды на природу и механизмы самоорганизации. Достаточно упомянуть имена основателей синергетики Г. Хакена и И. Пригожина [2-4]. Различные представления о природе и механизмах самоорганизации у биологов – представителей эволюционных наук и генетиков, последователей Дарвина-Менделя и Докинза [12], сторонников естественного отбора и альтернативной теории эволюции без отбора Лима-де-Фариа [5] и др.

Все это свидетельствует о том, что понятие самоорганизации в управлении, как и понятие управления в целом, во-первых, шире их представлений в классической теории управления. Понятие самоорганизации многоаспектно, междисциплинарно и, во-вторых, все еще находится в стадии развития и, как категория управления, нуждается в обобщении и чрезвычайно интересна для исследований [7-9]. Расширяет представления о теории управления и следующее понятие.

Ценности. Понятие «ценности» и производные от него «ценностно-ориентированное управление», «управление на основе ценностей», «ценностное управление» и др., а также близкие по смыслу понятия «мягкого» управления, «умного» управления и др. сегодня используется повсеместно, в разнообразии смыслов, усложняя их содержательную формализацию. Чрезвычайная популярность этих понятий как и потребности в новом типе управления в системах социума взаимосвязаны и вызваны серьезными причинами. Среди них: возрастающая сложность и неопределенность и даже, локально, нарастающий хаос социума, необходимость учета активности человека как элемента любой социальной системы и пр. С подобным уровнем сложности задач управления не справляется традиционная теория управления со своим инструментарием даже в условиях широких информационных и вычислительных возможностей.

Поиски путей решения проблем теории управления, возможностей формализации и моделирования задач управления подобной сложности привели к разработке в разных областях знаний (пока изолированно) новых механизмов управления. Их анализ позволяет выделить общее основание – новый тип управления. Его принципиальное отличие от тради-

ционного управления определим через 3 типа дихотомий понятий: «целое – ценностное», «гетерогенное – гомогенное», «рациональное – эволюционное». Первая отражает доминирование системообразующего фактора в управлении, вторая относится к форме организации системы управления, третья – процессам и механизмам управления.

В традиционной кибернетической парадигме управления безусловный и явный приоритет отведен понятию «цели» как результату деятельности. Цель системы является системообразующим фактором. Поиск управления начинается с формализации (уточнения или постановки) цели управления, последующей ее структуризации в сложных случаях, определении комплекса задач, функций, операций, работ, действий и т.п. (см. рис. 1). К понятию «ценности» обращаются позже, в связи с поиском эффективных средств достижения поставленных целей. Столь же традиционной является иерархическая, гетерогенная, т.е. состоящая из функционально разнородных элементов, форма организации системы управления. По иерархическому принципу строятся крупные и мелкие компании. Эффективные базовые методики, технологии проектирования сложных систем организационного управления основаны на построении проектируемой системы, структурно согласованной со структурой «дерева целей» [13]. Наконец рациональный, или нормативный, «сверху», подход в его современном виде, основанный на логике и здравом смысле, использующий хорошо развитый для традиционного управления инструментальный системный анализ, лежит в основе разработки эффективных процессов и механизмов управления [14].

Новый принцип управления – ценностноориентированный, или ценностный, – основан на приоритете ценностей над целями, характерен для плоских гомогенных систем взаимодействующих активных элементов. Процессы и механизмы управления – эволюционные (генетические, «снизу»). Именно общие ценности как системообразующий фактор объединяют сообщество активных элементов в систему. Сообщество гомогенно (однородно) в смысле следования общим ценностям, а ее элементы активны в смысле возможностей выбора собственных целей и действий исходя из общих ценностей [15]. Активность участников, являвшаяся недостатком в классическом подходе к управлению, превращается в главный источник, движущую силу развития системы.

В [15] показано разнообразие гомогенных систем в живой природе и обществе, их устойчивость к прямым внешним воздействиям и возмущениям, возможности и условия их совмещения с иерархическими гетерогенными системами. Наличие естественно-природных систем гомогенного типа в качестве подсистем, компонентов более сложноорганизованных естественно-природных систем обеспечивают такую стабиль-

ность и устойчивость. Общность законов целевого управления для систем разной природы, очевидно, свойственна и системам разной природы гомогенного типа. В этой связи поиски аналогов механизмов организации и управления в системах живой природы могут дать и уже дают положительный результат. Наиболее яркими примерами такого заимствования и имитации при разработке интеллектуальных систем – генетические алгоритмы [16], эволюционные вычисления [17], агентно-ориентированное программирование [18] и др.

Таким образом, ценностное управление представляет неклассический тип организации и управления, имеет широкое распространение в живой природе и обществе. В настоящее время не является предметом исследований в общей теории управления, находится в стадии становления, однако все более активно развивается (пока изолированно) в разных областях приложений при моделировании современных систем управления, отвечающих вызовам времени. При этом вопросы моделирования поведения (взаимодействия) активных элементов в среде других активных элементов, самоорганизации их сообществ, управления сообществом таких элементов являются перспективным направлением исследований.

2. Целеориентированное управление.

Классическая, кибернетическая, теория управления базируется на понятии *цели*: «гипотеза, что система имеет цель, является неоспоримым постулатом» [19, с.128]. Система управления в сложноорганизованной системе эффективна, если ее структура согласована со структурой ДЦ [13]. Сложноорганизованные системы (СОС) являются *иерархическими* в силу ограничений «норм управляемости», основанных на естественно-природных возможностях их элементов и др. Функциональное различие (разнородность) элементов таких систем позволяет отнести их к системам *гетерогенным* [21]. СОС в достижении своих целей действует *рационально*, во всяком случае – целесообразно [22, 23].

В СОС принято выделять субъекта, или управляющую систему, и объекта как управляемую систему. Система-объект как и СОС в целом, может также являться сложноорганизованной системой.

Субъект и объект управления, как правило, вполне различимы. Однако они могут и совпадать, например, в ситуациях и задачах самоуправления как управления с рефлексией; могут быть морфологически сложно делимы, как, нередко, в биологических системах. Тем не менее, учитывая принципиальное различие функционального назначения этих "частей" системы, сохраним такое разделение.

В самом общем случае сложноорганизованная система Org может быть представлена к виде двух компонент: цели $Ц$, к которой стремится субъект управления, воздействуя на систему-объект управления, и собственно системы-объекта S : $Org = \langle Ц, S \rangle$. Не останавливаясь на вопросах

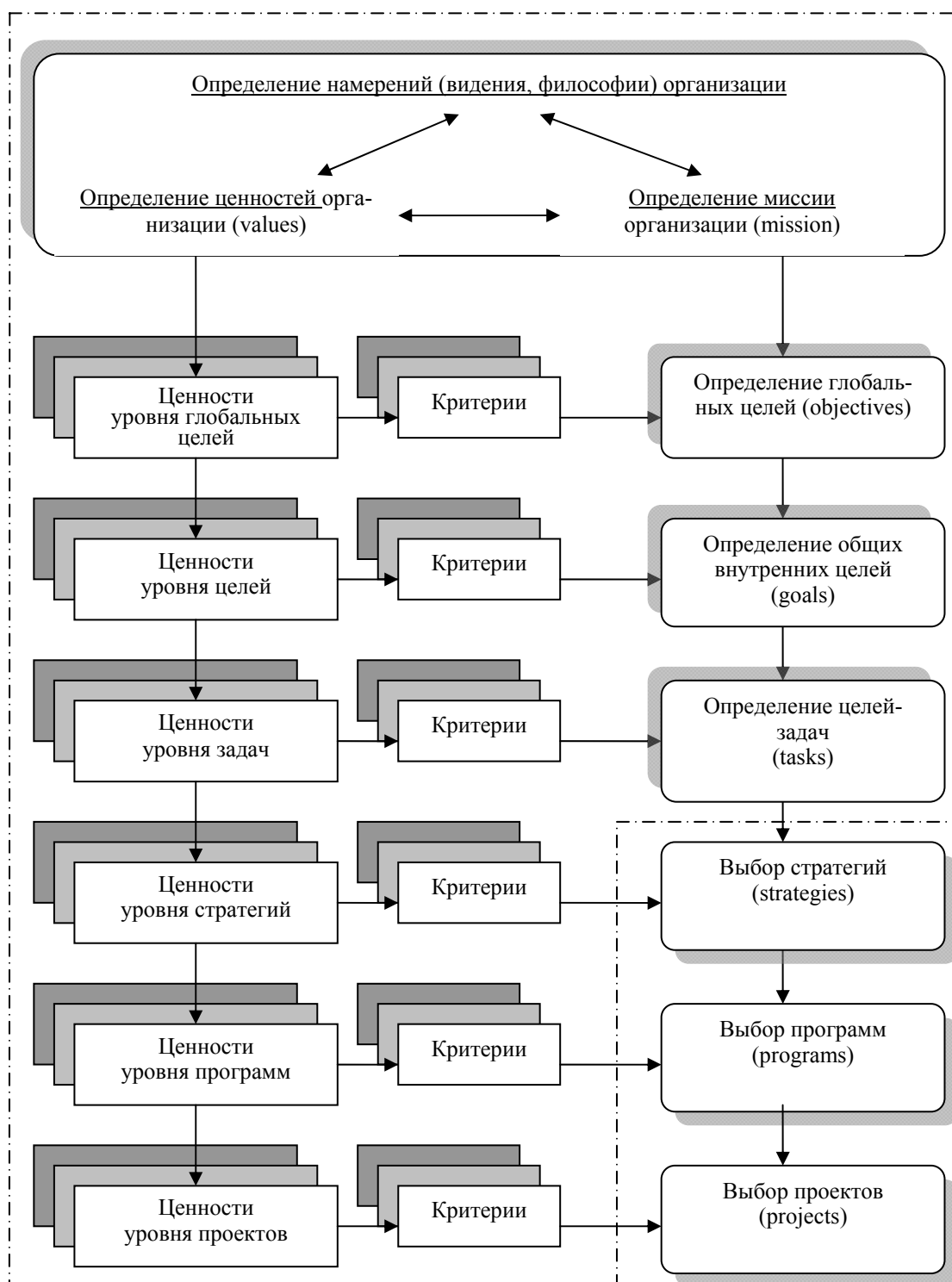
формализации понятия системы и ее компонентов [24], выделим важное для последующего понятие цели.

В соответствии с классификацией ситуаций и задач управления [24], в понятии цели C следует выделить 2 составляющие: цель-продукт C_P (или просто «цель») и цель-качество (далее «ценность») C_K . Цель-продукт C_P определяет *результат*, «конечный продукт», который стремится получить субъект, воздействуя на систему-объект S и, таким образом, управляя функционированием системы S . Цель-продукт C_P обусловлена наличием каких-то побудительных причин и отражает потребности системы в получении результата-продукта. Цель-качество C_K отражает некоторую *систему ценностей* субъекта, позволяющую, в конечном итоге, оценить возможность и целесообразность действий, в том числе, по достижению цели C_P (см. рис. 1) [7, с. 50]. Наличие у субъекта некоторой системы ценностей, отраженной в C_K , делает не одинаковыми по важности разные способы достижения C_P . Тогда $Org = \langle C_P, C_K, S \rangle$.

Согласно традиционному подходу минимальной информацией, которой должен располагать субъект до начала осуществления целенаправленных воздействий на систему S , является знание C_P . Именно поэтому подход определяют как целеориентированный, или целевой. В целевом подходе к управлению уделяется большое внимание предварительной *стадии планирования*. В управлении как обобщенном понятии, таким образом, выделяем 2 стадии: планирования (до начала воздействий на систему) и *стадии собственно управления* (в процессе реализации предусмотренных действий). Стадия планирования снимает часть неопределенности исходной ситуации, обеспечивая возможный перевод на более определенный уровень, позволяющий использовать в процессе деятельности (на стадии управления) механизмы управления более формализованного уровня. В зависимости от того, в какой степени формализованы основные компоненты $\langle C_P, C_K, S \rangle$ к началу воздействий на стадии планирования, выделяем 3 *блока ситуаций и задач управления* и, соответственно, 3 *уровня управления*:

Характеристика блоков и уровней управления с примерами приведены в [24]. Специфика уровней управления компактно отражена в табл. 1, где знак отрицания перед компонентой означает, что к началу воздействий на систему формализация этой компоненты не достаточна и требует уточнения (доопределения) в процессе управления (на стадии У).

Классификация определяет единый язык общения и понимания характера исследуемых процессов управления. Без этого одни и те же явления в одинаковых ситуациях управления называют, даже в одном тексте, то регуляцией, то адаптацией или самоорганизацией, что сильно затрудняет необходимое междисциплинарное взаимодействие специалистов.



Примечание. Выбор программ и проектов составляет выбор действий (operations).
Пунктиром выделена область целеполагания.

Рис. 1. Цели и ценности в стратегическом управлении (менеджменте)

Регуляция (регулирования) — Адаптация — Самоорганизация.

Таблица 1

Характеристика уровней целевого управления (самоуправления)

Базовый уровень целевого управления (самоуправления)	Компоненты модели ситуации	Функция управления
I. (Само)регуляция (корректировка пути – верно ли идем?)	$\langle U_P, U_K, S \rangle$	<i>сохранение</i>
II. (Само)адаптация (прокладка пути – как идти?)	$\langle U_P, U_K, \neg S \rangle$	<i>приспособление, изменение</i>
III. (Само)организация (выбор пути – зачем идти?)	$\langle U_P, \neg U_K, \neg S \rangle$	<i>развитие</i>
IV. (Само)идентификация (глобальный поиск – кто «я»? что делать?)	$\langle \neg U_P, \neg U_K, \neg S \rangle$ $\langle \neg U, \neg S \rangle$	<i>самоопределение</i>

Последний блок ситуаций и задач управления в табл. 1 – пограничный между управлением по целевому или ценностному типу. Ситуация блока, в зависимости от выбора типа управления и последующей формализации целей U , может быть отнесена к целевому $\langle U_P, \neg U_K, \neg S \rangle$ или ценностному $\langle U_K, \neg U_P, \neg S \rangle$ типу. Для целевого управления – при переводе в стадию самоорганизации $\langle \neg U_P, \neg U_K, \neg S \rangle \rightarrow \langle U_P, \neg U_K, \neg S \rangle$ с главным вниманием в целевом подходе к постановке цели, прежде всего, U_P , к целевыявлению, целеполаганию. Эти вопросы сегодня хорошо проработаны в системном анализе [13,14, 25].

В подобной ситуации $\langle \neg U_P, \neg U_K, \neg S \rangle$ оказался сказочный герой, получив царский приказ: «Пойди туда, не знаю куда, принеси то, не знаю что». Сказочный герой, продолжая следовать в русской культурной традиции U_K , определяет тем самым ситуацию как $\langle U_K, \neg U_P, \neg S \rangle$. В конечном итоге, сказка демонстрирует возможность самосохранения системы, действуя в ценностной парадигме.

Интересно то, в предложенной четверть века назад классификации [24] очевидная комбинаторика показывала наличие другого подхода к

управлению, названного позже ценностноориентированным. Однако до недавнего времени были не понятны смыслы его ситуаций и задач – модели, методы, механизмы управления оставались не разработанными. В настоящее время ситуация меняется стремительно.

3. Ценностноориентированное управление

Как было сказано выше, неклассический принцип ценностноориентированного, или ценностного, управления исходит из приоритета ценностей $Ц_K$ над целями $Ц_П$. Он предпочтителен для *гомогенных* систем [15] – плоских, *однородных* систем *активных элементов*. Составляющие систему активные элементы являются в определенном смысле самодостаточными системами (в естественной природе, как правило, сами являются сложноорганизованными системами), способными, как минимум, к самостоятельному выбору собственных действий. Активные элементы могут иметь собственные цели $Ц_П$ и действуют по их достижению в соответствии с разделяемыми ими общими ценностями $Ц_K$. Система однородна в смысле единства общих ценностей для всех ее элементов (либо для достаточно больших ее частей, подсистем). Процессы и механизмы управления – эволюционные (генетические, «снизу»). Управление осуществляется посредством *взаимодействия* элементов исходя из общих ценностей, в результате чего обеспечивается сохранение сообщества как системы, ее приспособление, развитие.

Сравнительная характеристика целевого и ценностного подходов к управлению в сложноорганизованной системе приведена в табл. 2.

Категория «общие ценности» многоаспектна и многослойна, имеет разную глубину смыслов и степеней формализации. Вариант иерархии смыслов категории ценности для человека в социуме приведен на рис. 2. Понятия справедливости, морали, совести отражают, а возможно, и определяют, культурные традиции, культурные особенности сообщества: государства, региона, народности, этноса и др. Применительно к гомогенным системам важно то, что эти понятия регламентируют взаимодействия (поведение) членов социума, задавая в конечном итоге определенные нормы, правила взаимодействия.

Вариант возможных уровней формализации категории ценности приведен на рис. 3. При этом, чем проще система и ситуации управления, тем определеннее сформулированы ценности, например, в форме системы «правил поведения» («правил взаимодействия»). И напротив, чем сложнее система и ситуации управления, например для социальных систем, тем более обобщенными представлениями «ценностей» могут оперировать его элементы при взаимодействии.

Таблица 2

Сравнительная характеристика целевого и ценностного принципов управления в сложноорганизованной системе

Характеристика	Целевое управление	Ценностное управление
Системообразующий фактор	Цели C_{II} системы	Ценности C_K элементов
Способ управления	посредством воздействий на элементы системы	посредством взаимодействий элементов системы
Инструменты управления	рациональные	эволюционные
Оценка эффективности самоуправления элементов	в смысле достижения поставленных системой целей	в смысле соответствия действий системе ценностей
Форма организации системы	гетерогенные системы	гомогенные системы
Структура управления	иерархическая, («механистическая»)	«плоская», подвижная. («организмическая»)
Морфология системы	достаточно четкая	аморфная
Состав элементов системы	существенно разнородный	достаточно однородный
Численность системы	не высокая, ограниченная	высокая, не ограниченная
Изъятие из системы хотя бы одного элемента	ведет к разрушению (гибели) или кризису	не влияет на свойства системы
Инициативность элементов в выборе действия	низкая, пассивный исполнитель	высокая, активный выбор действий
Информированность элементов	узкая, по исполняемой функции	полная, по всей системе для всех
Компетенция элементов	ограничена локальными целями	сравнима с компетенцией системы или даже выше ее
Внимание к внешним для системы возмущениям	существенное	малозначное
Реакция элементов на внешние для системы воздействия	детерминированная	зависит от многих факторов
Спектр выполняемых элементами действий	узкий	широкий
Операциональная взаимозаменяемость элементов	низкая, ограниченная	высокая
Специфика действий элемента	пооперациональное управление	«деятельностное» управление
Коммуникации в системе	узкие, вертикальные	широкие, горизонтальные
Непосредственные контакты элементов преимущественно	с некоторыми более простыми элементами	со всеми, но «диффузно», локализованно,
Направленность управления	«сверху»	«снизу»
Планирование действий преимущественно	на предварительной стадии планирования	в процессе действий
Сложность поведения элементов	сравнительно простое операциональное	сложное адаптивное
Способ прогнозирования	нормативное, рациональное - «от будущего к настоящему»	эволюционное, генетическое, ситуационное - «от прошлого через настоящее в будущее»
Тип управления системой как объектом	прямое, «жесткое», директивное, адресное	непрямое, «мягкое», «умное», неиндивидуальное
Управляемые воздействия на систему как объект	прямые, точечные	непрямые, рассеянные, «диффузные»

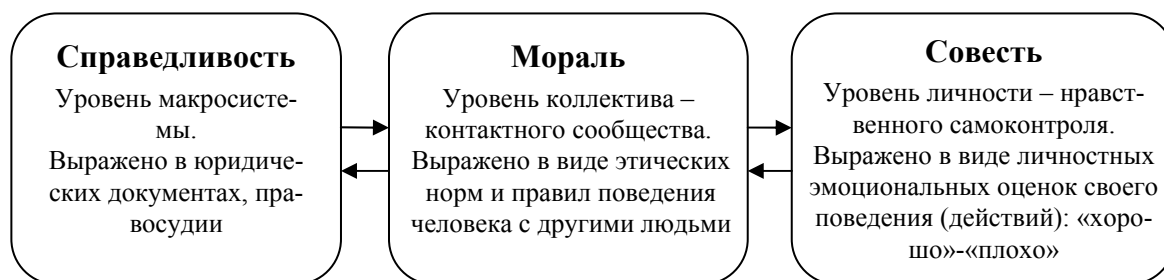


Рис. 2. Уровни смыслов категории «общие ценности» в социуме.

Пример ценностного подхода сформулирован А.И. Солженицыным: «Если не знаешь, как поступить, поступай по совести». Автор организационно-деятельностных игр, философ Г.П. Щедровицкий, развивая, по сути, один из предшествующих ценностному, так называемый «деятельностный», подход к организации и управлению [26, 27] утверждал, что в отличие от традиционного подхода «"деятельностник"... стремится к определенности своих принципов и к тому, чтобы его действие им соответствовало» [28, с. 63]. Он пояснял: «Принципы внеситуативны. А если они есть, то вы ведь в каждой ситуации будете действовать правильно, в соответствии с вашими принципами» [28, с. 76]. Известный кинорежиссер и общественный деятель Н.С. Михалков в одной из ТВ-передач (2016 г.) дал интересное и емкое определение, по сути, – «правил взаимодействия», отразив в нем один из подходов к их формированию: «Идеология – это когда люди договариваются, по каким правилам жить».



Рис. 3. Уровни формализации категории «общие ценности».

Среди разнообразия свойств ценностного управления (см. табл. 1), особо выделим два принципиально важных для развития неклассической концепции управления: 1) *активность* элементов системы с ценностным управлением и 2) *однородность* и *локальность* правил взаимодействий элементов. Именно эти свойства являются «движущими силами» самоадаптации элементов и системы в целом, способности к самопроизвольной самоорганизации при определенном (не любом) наборе правил локального однородного взаимодействия и, в конце концов, – к чрезвычайной устойчивости системы.

Активность элементов системы, являвшаяся недостатком в классическом целевом подходе к управлению, превращается в главный источник, движущую силу развития системы. При этом активность элементов, «свобода» выбора собственных целей и действий по их достижению не

беспределельны. Элементы системы активны и свободны в смысле возможностей выбора целей и действий, но исходя из общих ценностей, в частности, – исходя из следующих из них правил взаимодействия [15]. Именно общие ценности как системообразующий фактор объединяют сообщество активных элементов в систему.

Уже в простейших моделях гомогенных систем авторы определяют требования к правилам взаимодействия элементов системы – они локальны и однородны [10-11]. Локальность означает, что поведение каждого элемента системы зависит только от состояния соседних с ним элементов (т.е. от свойств системы только в окрестности данного элемента) и не зависит от характеристик и состояния всей системы. Однородность означает, что правила взаимодействия одинаковы для всех элементов системы (либо для достаточно больших ее частей). В целом, важное свойство локальности взаимодействия в ценностном управлении ограничивает взаимодействия ближайшими «соседями», т.е. выделением непосредственных контактов. Однако современные коммуникационные возможности позволяют расширить среду непосредственных контактов (взаимодействия) участников сообщества без географической привязки, давая новые возможности развития методов и технологий ценностного управления. Именно эти возможности активно используются в современных технологиях сетевых войн, цветных революций, терроризма и т.д., в развиваемых теориях и технологиях управляемого хаоса и др.

Указанные и др. свойства гомогенных систем с внутренним ценностным управлением (самоуправлением) способны обеспечить большую (по сравнению с иерархическими системами) устойчивость системы к дефектам, вызванным отсутствием или ошибками информации о состоянии элементов, отрицательным влиянием внешних возмущающих воздействий и др. [10,11, 19,120].

Использование активности элементов, локальности и однородности правил взаимодействия лежит в основе развиваемых технологий «мягкого», «непрямого», «умного» управления гомогенными системами как объектами управления в различных областях приложений, в том числе, в бизнесе [29-31]. Обширный материал по указанной теме, источникам и способам формирования правил взаимодействия активных элементов в гомогенной системе с ценностным управлением и др. требует специального рассмотрения [32].

Список литературы

1. *Moskinova G.I. Systems analysis as the universal methodology of knowledge / Moskinova G.I, Moskinov A.V. // Systems analysis in engineering and management/ Proceed. of the Intern. scien. and pract. conf. Best papers of the conf. 1-3 June 2014, SPb, 2015, p. 35-40.*

2. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация: макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен; пер. с англ. – Изд. 2-е, доп. М.: URSS: КомКнига, 2005. – 245 с.
3. *Курдюмов С.П.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / С.П. Курдюмов. – М.: ИПМ, 1990. – 45 с.
4. *Малинецкий Г.Г.* Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент / Г.Г. Малинецкий. – Изд. 6-е. М.: Либликом, 2009. – 308 с.
5. *Малинецкий Г.Г.* Пространство синергетики: взгляд с высоты / Г.Г. Малинецкий. – М.: URSS: Либликом, 2013. – 247 с.
6. *Лима-де-Фариа А.* Эволюция без отбора: Автоэволюция формы и функции / А. Лима-де-Фариа; Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 455 с.
7. *Москинова Г.И.* Стратегический менеджмент: Учеб. пособие в таблицах и схемах. В 2-х ч. / Г.И. Москинова // Изд. 2-е, доп. – М.: Изд-во НИБ, 2011. – 314 с.
8. *Москинова Г.И.* Моделирование целесообразного поведения организаций: механизмы самоорганизации, адаптации, регулирования. / Г.И. Москинова // VI Национальная конференция по искусственному интеллекту КИИ-98. Сб. науч. трудов. Т. 2, Пушино, М., 1998, с. 692-699.
9. *Москинова Г.И.* О природе и механизмах самоорганизации и самоуправления в естественных сложно организованных системах / Г.И. Москинова // В сб.: "Системный анализ в проектировании и управлении": Труды XVI Междунар. конф. Ч. 1., СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012, с. 33-36.
10. *Прангишвили И.В.* Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе / И.В. Прангишвили, Ф.Ф. Пашенко, Б.П. Бусыгин. – М.: Наука, 2001. – 524 с.
11. *Филиппов В.Б.* Управление глобальными процессами посредством локальных однородных взаимодействий. Компьютерное моделирование / В.Б. Филиппов // Анализ систем на пороге XXIв. т. IV. Труды Междунар. конф., М.: Интеллект, 1996. – с. 279-284.
12. *Докинз Р.* Эгоистичный ген / Р. Докинз // Пер. с англ. – М.: Мир, 1993. – 318 с.
13. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник. / Под ред. В.Н. Волковой и А.А.Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006, с.742-749.
14. *Волкова В.Н.* Теория систем и системный анализ: Учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Юрайт, 2013. – 616 с.
15. *Москинова Г.И.* К истокам моделирования гомогенных ценностноориентированных систем живой природы и общества / Г.И. Москинова, А.В. Москинов // В сб. трудов XX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'2017", СПб.: Изд-во ЛЭТИ, 2017, с. 362-365.
16. *Гладков Л.А.* Генетические алгоритмы: учебник / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – Изд. 2-е испр. и доп. М.: Физматлит, 2010. – 365 с.

17. *Курейчик В.В.* Теория эволюционных вычислений: монография / В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, С.И. Родзин. М.: Физматлит, 2012. – 260 с.
18. *Таранников Н.А.* Разработка многоагентной системы поддержки принятия решений на основе многокритериальных методов анализа иерархий и аналитических сетей: монография / Н.А. Таранников. – Волгоград: Политехник, 2007. – 72 с.
19. *Шрейдер Ю.А.* Системы и модели / Ю.А. Шрейдер, А.А. Шаров. М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
20. *Шрейдер Ю.А.* Ценности, которые мы выбираем: смысл и предпосылки ценностного выбора / Ю.А. Шрейдер. – Изд. 3-е. URSS : ЛИБРОКОМ, 2012. – 206 с.
21. *Хомяков П.М.* Системный анализ: экспресс-курс лекций / П.М. Хомяков. – Изд. 5-е. М.: URSS, ЛЕНАРД, 2016. – 211 с.
22. *Ларичев О.И.* Наука и искусство принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Наука, 1979. – 200 с.
23. *Петровский А.Б.* Теория принятия решений: учебное пособие. / А.Б. Петровский. – М.: Академия, 2009. – 398 с.
24. *Москинова Г.И.* Управление в организационных системах: задачи, стратегии, методы управления / Г.И. Москинова. – Кемерово, Кемеровск. гос. унив-т, 1992. – 96 с.
25. *Волкова В.Н.* Системный анализ информационных комплексов: учебное пособие / В.Н. Волкова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 335 с.
26. *Щедровицкий Г.П.* Принципы и общая схема методологии организации системно-структурных исследований и разработок / Г.П. Щедровицкий // Щедровицкий Г.П. Избранные труды. – М.: Шк. Культ. Полит., 1995. С. 88-114.
27. *Щедровицкий Г.П.* Системное движение и перспективы развития системно-структурной методологии (~ 1974г.) / Г.П. Щедровицкий // Щедровицкий Г.П. Избранные труды, М.: Шк.Культ.Полит., 1995, с. 57-87.
28. *Щедровицкий Г.П.* На досках. Публичные лекции по философии Г.П. Щедровицкого / Г.П. Щедровицкий – М.: Школа культурной политики, 2004. – 196 с.
29. *Мейер К.* Живая организация. Компания как живой организм: грядущая конвергенция информатики, нанотехнологии, биологии и бизнеса / К. Мейер, С. Дэвис; Пер. с англ. – М.: Изд-во «Добрая книга», 2007. – 368 с.
30. *Бурков В.Н.* Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 1999. – 125 с.
31. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами: Учеб.-метод. пособие / Д.А. Новиков. – М.: Физматлит, 1007. – 584 с.
32. *Москинова Г.И.* Ситуации и задачи ценностного управления. Источники и природа ценностей. Краткий обзор. / Г.И. Москинова // В сб.: "Системный анализ в проектировании и управлении": Труды XXI Междунар. конф. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.

УДК 303.732.4:519.816

Панкратова Наталья Дмитриевна,
д-р техн. наук, профессор,
Панкратов Владимир Андреевич,
младший научный сотрудник

СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Киев, Украина, Институт прикладного системного анализа
Национального технического университета Украины «Киевский
политехнический институт им. Игоря Сикорского»
natalidmp@gmail.com
pankratov.volodya@gmail.com

Аннотация. Предлагается системная стратегия инновационного развития социально экономических систем на основе синтеза методологий предвидения и когнитивного моделирования. На этапе предвидения, привлекая методы качественного анализа, строятся альтернативы сценариев. Для обоснованной реализации той или иной альтернативы привлекается когнитивное моделирование, позволяющее на основании знания и опыта построить причинно-следственные связи, понять и проанализировать поведение сложной системы и предложить научно обоснованную стратегию реализации приоритетного сценария.

Ключевые слова: предвидение, когнитивное моделирование, численно и структурная устойчивость, системный подход, интегрированный показатель данных.

Nataliya D. Pankratova,
Professor, doctor of technical Sciences,
Vladimir A. Pankratov,
Junior researcher

STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS BASED ON SYNTHESIS OF THE METHODOLOGIES OF FORESIGHT AND COGNITIVE MODELING

Kiev, Ukraine, Institute for Applied System Analysis of National Technical
University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Abstract The system strategy of social and economic systems innovative development on the basis of synthesis of methodologies foresight and cognitive modeling is offered. In the foresight phase, involving methods of qualitative analysis, alternative scenarios are built. To substantiate the implementation of this or that alternative, cognitive modeling is used, which allows to build cause and effect relationships based on knowledge and experience, understand and analyze the behavior of a complex system, and propose a scientifically based strategy for implementing a priority scenario.

Keywords: foresight, cognitive modeling, numerical and structural stability, system approach, integrated index data.

В условиях взрывоподобных изменений состояний социально экономических систем (как это имело место в Украине в 2004-2005 и 2013-2014 годах) будущее этих систем не может интерпретироваться как обычное продолжение прошлого (прогнозирование), в связи с тем, что это будущее может приобретать принципиально иные формы и структуры по сравнению с теми, что были известны в прошлом. В этих условиях представлять будущее таких систем возможно только путем применения методологии предвидения, основанной на экспертном оценивании состояний указанных систем на время исследования, и построения альтернатив сценариев их развития в заданных временных горизонтах в будущем.

Развитие мировой экономики в период до 2020 года будет отмечаться влиянием ряда факторов и мегатрендов, которые приведут к существенным изменениям общей картины мировой экономики и модификации форм ее организации. Учитывая место Украины на рубеже западноевропейской и восточноевропейской христианской цивилизации, формирование новой глобальной архитектуры ставит Украину перед жесткими геополитическими, геостратегическими и геоэкономическими вызовами, ответы на которые она должна найти именно в период до 2020 года.

1. Стратегия инновационного развития социально экономических систем

Задача разработки стратегии инновационного развития социально экономических систем относится к классу слабоструктурированных задач, в которых цели, структура и условия известны лишь частично и характеризуются неточностью, неполнотой, неопределенностью, нечеткостью данных, описывающих объект. В отличие от задач принятия решений с количественными значениями переменных и отношений между

ними, которые решаются методами и средствами теории исследования операций, эконометрики и другими подобными методами, для решения слабоструктурированных задач необходимы специфические методы поддержки принятия решений [1].

При построении стратегии инновационного развития крупных социально экономических систем на уровне мегаполиса, большого предприятия, региона во многих странах мира с высоким статусом зарекомендовала себя методология предвидения, которая позволяет ответить на вопрос «что будет, если ...?» И построить альтернативы научно обоснованных сценариев. Согласно методологии предвидения, на последнем этапе процесса принятия решения ЛПР предлагаются 3-4 альтернативы сценариев, которые, в общем случае, являются сложными слабоструктурированными проблемами. В настоящее время в рамках методологии предвидения выполнена формализация ряда методов качественного анализа (SWOT-анализа, метода анализа иерархий (МАИ) и его модификации, методов Делфи, перекрестного анализа, морфологического анализа и др.), которые стали основой инструментария построения альтернатив сценариев [1].

Многофакторная, многопараметрическая, разнородная и слабо структурированная информация предметной области объекта исследования, используемая на разных этапах процесса предвидения, приводит к сложностям, связанным с форматом представления знаний, построением опросных форм, обработкой результатов и согласованным управлением процессом предвидения в целом. Неформализованные, неоднородные и слабо структурированные данные из предметной области требуют описания на едином структурном языке и едином формате представления. С целью эффективной реализации системы в режиме on-line разрабатываются автоматизированные инструменты извлечения знаний, согласованного распределения потоков данных, их обработки, и средства углубленного анализа исследуемых предметных областей с учетом всех необходимых факторов для исследуемой проблемы.

Для обоснованной реализации той или иной альтернативы сценария, полученной на этапе решения задачи предвидения, целесообразно привлекать когнитивное моделирование, которое позволяет на основании знания и опыта построить причинно-следственные связи, понять и проанализировать поведение сложной системы и предложить заказчику научно обоснованную стратегию реализации приоритетного сценария [2].

Привлекая основной принцип системного анализа - декомпозицию сложной проблемы до формализованного уровня, выполняется процесс когнитивного моделирования, который реализуется в интерактивно-диалоговом режиме. Под когнитивным моделированием понимается ре-

шение взаимосвязанных проблем: построение когнитивной модели (карты), обоснования на каждом этапе моделирования устойчивости по значению и по возмущению, структурной устойчивости, учет многофакторных рисков, неопределенностей различной природы. Технология когнитивного моделирования заключается в том, чтобы на основе когнитивных моделей определять возможные и рациональные пути управления ситуацией с целью перехода от исходных состояний к желаемым.

Таким образом, в данной работе предлагается использовать методологии предвидения и когнитивного моделирования совместно: на первом этапе применять методологию предвидения и полученные результаты использовать в качестве исходных данных на втором этапе - для когнитивного моделирования, что позволяет предложить научно обоснованную стратегию реализации приоритетной альтернативы сценария развития социально-экономических систем различной природы.

2. Построение интегрированного показателя данных

В ряде случаев, когда исходная информация для когнитивного моделирования задается в статистической форме в виде отдельных логических групп, предлагается метод построения интегрированного показателя данных, который заключается в разбиении подмножества исходных факторов на уточняющие факторы. Структурная схема построения интегрированного показателя данных приведена на рис.1.

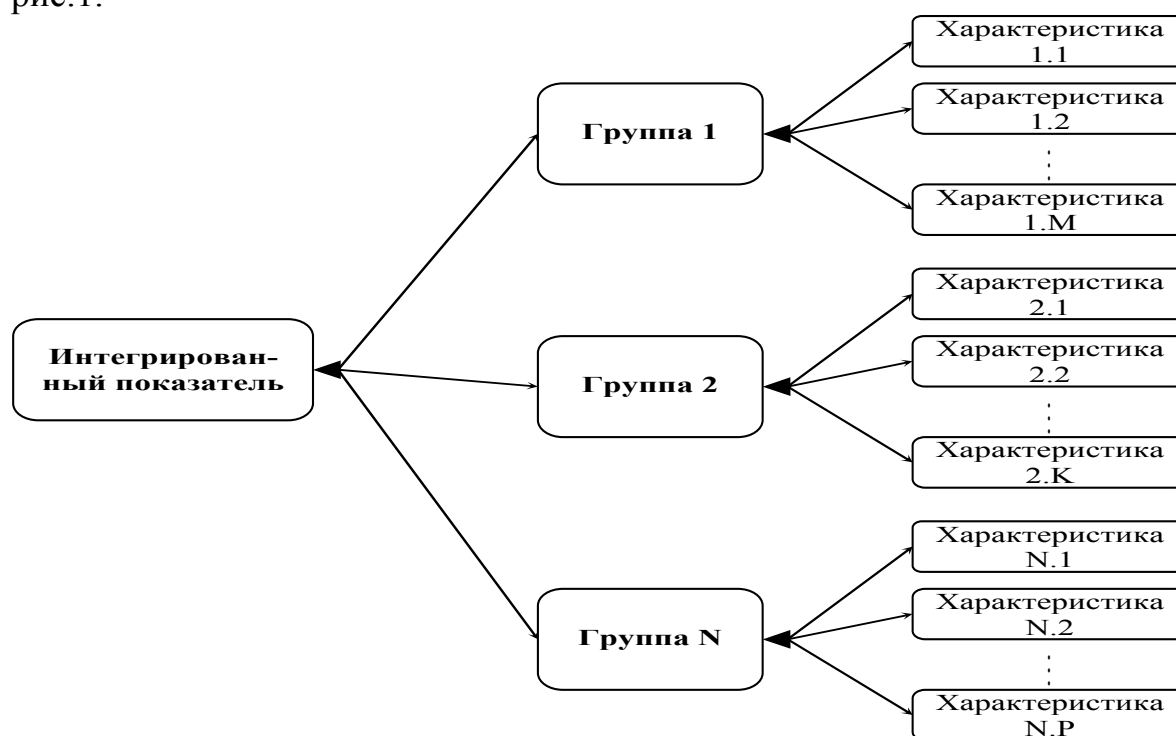


Рис.1. Структурная схема построения интегрированного показателя данных

Это дает возможность агрегировать все группы в интегрированный показатель данных при привлечении предложенной методики восстановления функциональных закономерностей по дискретно заданным выборкам, или проводить декомпозицию интегрированных данных в отдельные предметные группы с последующей декомпозицией на логическую последовательность характеристик. То есть при построении когнитивной карты обоснованно добавлять или удалять ее вершины, разбивать вершины на взаимосвязанную последовательность вершин.

Восстановление функциональных закономерностей по дискретно заданным выборкам заключается в поэтапном, а точнее в иерархическом восстановлении значения исходной функции. Математическое выражение для построения интегрированного показателя данных рассчитывается с помощью функциональных приближений, которые на первом уровне представляются в следующем виде:

$$\Phi_i(x_1, x_2, x_3) = c_{i1}\Phi_{i1}(x_1) + c_{i2}\Phi_{i2}(x_2) + c_{i3}\Phi_{i3}(x_3), i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

где функции $\Phi_{i1}(x_1)$, $\Phi_{i2}(x_2)$, $\Phi_{i3}(x_3)$ представляют собой характеристики группы, которые были выбраны на втором шаге формирования интегрированного показателя данных. На втором уровне формируются модели, которые определяют зависимость функций приближения от компонентов переменных. Для этого нужно перейти от функций векторов к суперпозиции функций компонентов этих векторов. Учитывая, что компоненты каждого вектора разнородные по физическому смыслу, целесообразно для слагаемых функций (1) выбрать класс обобщенных полиномов и представить их в виде

$$\begin{aligned} \Phi_{i1}(x_1) &= \sum_{j_1=1}^{n_1} a_{ij_1}^{(1)} \Psi_{1j_1}(x_{1j_1}), \quad \Phi_{i2}(x_2) = \sum_{j_2=1}^{n_2} a_{ij_2}^{(2)} \Psi_{2j_2}(x_{2j_2}), \\ \Phi_{i3}(x_3) &= \sum_{j_3=1}^{n_3} a_{ij_3}^{(3)} \Psi_{3j_3}(x_{3j_3}). \end{aligned}$$

Предлагается для всех $i = \overline{1, m}$ по каждой переменной x_{1j_1} , x_{2j_2} , x_{3j_3} выбирать соответствующие однотипные функции Ψ_{1j_1} , Ψ_{2j_2} , Ψ_{3j_3} , что позволяет упростить дальнейшее решение задачи и реализацию метода в целом.

На следующем (третьем) уровне иерархии формируются модели, которые определяют функции Ψ_{1j_1} , Ψ_{2j_2} , Ψ_{3j_3} . В данном случае важнейшей задачей является выбор структуры функций Ψ_{1j_1} , Ψ_{2j_2} , Ψ_{3j_3} . Представим эти функции в виде следующих обобщенных полиномов. Хотя различные группы данных имеют разную физическую природу, для

простоты вычисления рекомендуется использовать полиномы одного вида для всех групп

$$\Psi_{sj_s}(x_{j_s}) = \sum_{p=0}^{P_{j_s}} \lambda_{j_s p} \varphi_{j_s p}(x_{sj_s}), s = 1, 2, 3.$$

В качестве функций $\varphi_{j_s p}$ выбираются смещенные полиномы Чебышева $T_{j_s p}(x_{j_s p}) \in [0, 1]$, а как критерий - чебышевский критерий. Тогда нахождение приближающих функций (1) выполняется на основе последовательности $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3 \rightarrow \Phi_{i1}, \Phi_{i2}, \Phi_{i3} \rightarrow \Phi_i$, что позволит получить конечный результат путем агрегации соответствующих решений.

Такой подход позволяет свести процедуру формирования функций (1) к последовательности чебышевских задач приближения для несовместных систем линейных уравнений. Таким образом, построение интегрированного показателя данных в виде иерархии моделей позволяет создать иерархическую структуру связанных между собой данных. Такой подход позволяет проследить взаимосвязи между параметрами на отдельных уровнях взаимодействия. Результат достигается путем восстановления основной функциональной зависимости на базе не исходных данных, а уже на основе характеристик групп, что позволяет делать обоснованную декомпозицию и агрегацию вершины v_j в момент времени t .

3. Моделирование социально-экономических систем

В настоящее время необходимо обоснованно провести выявление приоритетных отраслей экономики Украины для представления рекомендаций лицам, принимающим решения (ЛПР). Для выявления приоритетных отраслей экономики Украины в 2020 году сначала был применен метод SWOT-анализа.

Для этого на предварительном этапе было исследовано состояние современной экономики Украины, а именно оценка текущих возможностей, потребностей и ресурсов страны, определение инвестиционного потенциала, выделение стратегически важных отраслей. Также было рассмотрено внешнее воздействие, а именно экономические тенденции, стратегии и инвестиционные мотивации мировой экономики. По результатам выполненного SWOT-анализа были выявлены наиболее влиятельные факторы и установлены связи между ними. Полученные данные послужили входными параметрами для когнитивного моделирования. Так, для одной из альтернатив сценариев, связанной с развитием металлургической отрасли, с помощью методологии когнитивного моделирования была построена когнитивная модель отрасли и исследована ее устойчивость. По построенному на основе реальных данных сценарию в виде устойчивой когнитивной карты предложена стратегия развития металлур-

гической промышленности Украины с направленностью на композиционные материалы [3].

Далее целесообразно было исследовать развитие рынка композиционных материалов. При выполнении на основе метода Делфи исследования было выявлено, что приоритетным направлением применения композиционных материалов является бытовой сектор. Применение когнитивного моделирования на основе данных, полученных по методу Делфи, позволило построить сценарий развития бытового сектора из композиционных материалов.

Принимая во внимание, что одним из главных драйверов экономики является высшее образование, были обнаружены и исследованы приоритетные направления развития высшего образования в Украине. В результате проведения когнитивного анализа предложен сценарий развития высшего образования в Украине с направленностью на подготовку и воспроизводства человеческого капитала, что будет способствовать повышению конкурентоспособности страны в мире.

Заключение

Разработку стратегий и планов по инновационному развитию социально экономических систем предполагается осуществлять путем масштабного ситуационного моделирования построенных сценариев на различных временных горизонтах на базе созданного в Институте прикладного системного анализа Национальной академии наук Украины и Министерства образования и науки Украины ситуационно-аналитического центра (САЦ) в рамках Программы «Наука для мира и безопасности» с последующим предоставлением результатов исследований лицам, принимающим решения на разных уровнях управления государством. Решение задач по разработке стратегий социально-экономического развития в среде САЦ на основе синтеза методологий предвидения и когнитивного моделирования позволит в режиме реального времени проводить мониторинг и моделирование социальных, экономических, экологических процессов различной природы и на этой основе анализировать и строить стратегии желаемого будущего на уровне крупных предприятий, мегаполисов, регионов и государства в целом.

Список литературы

1. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. –Киев: Изд-во Наук.думка –2011.–743 с.
2. Горелова Г.В., Панкратова Н.Д. Инновационное развитие социально-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования // Наукова думка. -2015.- 464с.
3. Pankratov V. The creation of strategy for innovation development of socio-economic systems //International Journal. «Information technologies&knowledge». ITHEA. SOFIA, ,v.3,№1.-2014. –Р. 84-99.

Горелова Галина Викторовна,
д-р. техн. наук, профессор

ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ

Россия, г. Таганрог, Инженерно-технологическая академия
Южного Федерального университета (ИТА ЮФУ), gorelova-37@mail.ru

Аннотация. В докладе рассмотрена возможность анализа федеральных целевых программ развития различных социально-экономических систем и соответствующих проектов на основе когнитивного подхода.

Анализ необходим для определения реализуемости и эффективности программ и проектов. Представлена типовая структура федеральных целевых программ, их цели, задачи, мероприятия. Изложены основы когнитивного моделирования сложных систем. Рассмотрены вопросы использования когнитивного инструментария для анализа федеральных целевых программ. Обозначены проблемы и задачи программной реализации процедур анализа. Показана возможность применения когнитивного подхода на примере анализа Федеральной целевой программы развития образования РФ.

Ключевые слова: когнитивный подход, когнитивное моделирование, федеральная целевая программа, развитие, анализ, задачи.

Galina V. Gorelova
Doctor of Technical Sciences, Prof., Prof.

APPLICATION OF COGNITIVE APPROACH TO THE ANALYSIS OF FEDERAL TARGETED PROGRAMS

Russia, Taganrog, ITA SFU, gorelova-37@mail.ru

Abstract. The report examines the possibility of analyzing federal targeted development programs (FTCP) of various socio-economic systems and related projects on the basis of a cognitive approach. Analysis is necessary to determine the feasibility and effectiveness of programs and projects. A typical structure of federal target programs, their goals, tasks, and activities is presented.

The fundamentals of cognitive modeling of complex systems are described. The use of cognitive tools for the analysis of federal target programs is presented. The problems and tasks of the program implementation of the analysis procedures are outlined. The possibility of using the cognitive approach is shown on the example of the analysis of the Federal Targeted Program for the Development of Education of the Russian Federation.

Key words: Cognitive approach, cognitive modeling, federal target program, development, analysis, tasks.

В настоящее время в России разрабатываются, разработаны и действуют Федеральные целевые Программы (ФЦП) развития различных социально-экономических систем и подсистем. Их конечная цель всегда формулируется как некая глобальная цель устойчивого, безопасного, инновационного и т.п. развития, как цель совершенствования сложной системы. Принципы построения таких Программ, их структура и содержание подчинены определенным правилам и рекомендациям. Тексты Программ чаще всего сопровождаются методическими указаниями, как рассчитывать их результативность и социально-экономическую эффективность. В разработке Программ должны участвовать коллективы специалистов и экспертов. Составление Программ следует принципу программно-целевого управления. На реализацию Программ выделяются немалые финансовые средства и Программы должны быть выполнены в строго определенные сроки. В изложении вышеприведенных фактов нет ничего принципиально нового. И логика Программ понятна и прямолинейна, как сам принцип программно-целевого управления: на вход системы вводятся ресурсы (финансовые, организационные, человеческие...), в действие запускается Программа, на выходе получаем достижение желаемой цели. Как в станках с программным управлением, без обратных связей, без реакции на всевозможные возмущения внешней и внутренней среды. Но не все так просто в самой Программе. Поскольку она предназначена для социально-экономических систем, в ней заложено понимание того, что существуют внутренние и внешние риски для ее успешного завершения, для не совпадения фактических результатов с желаемыми (запланированными). Предусмотрен обязательный мониторинг результатов в процессе выполнения Программы, имеются теоретические работы в области создания систем мониторинга реализации ФЦП [1]. Но в явном виде отсутствуют рекомендации, что делать, если наблюдается различие между плановыми и фактическими результатами. Даже если по отдельным показателям наблюдается несовпадение «в лучшую сторону», это не всегда означает, что это «хорошо» для всей реальной социально-экономической системы в целом. Не ясно, где и каким образом должна быть введена корректирующая обратная связь, не прописаны механизмы реакции на риски внешней и внутренней среды. Все это чревато возможной неэффективностью реализации Программы в реальных условиях, которые зависят от великого множества факторов. В том числе, и от несовпадения цели Программы с «целями социума», для улучшения (поддержания, преобразования) условий существования которого Программа и предусматривается. Поэтому желательно было бы иметь некую интеллекту-

альную систему поддержки принятия решений (ИСППР), которая и на этапе разработки Программы, и на этапах ее функционирования позволяла бы в достаточной мере отображать и учитывать сложнейшую взаимосвязь причинно-следственных цепочек развития событий в реальной социально-экономической системе и предлагать набор решений для выхода из нежелательных ситуаций. При этом следует понимать, что далеко не все причинно-следственные цепочки могут быть экспертно выявлены, и, далее, не все связи между элементами (факторами) причинно-следственных цепочек могут быть представлены в количественной и аналитической форме, тем более, с учетом временных изменений. Следует добавить, что к настоящему времени разработано много методов имитационного моделирования, решающих задачи аналитического описания сложных систем (например, современные методы системной динамики) созданы модели, описывающие сложные системы в среде их существования (например, модели мировой динамики Дж. Форрестера, модели Матросова В.М. [2,3]). Но для взаимодействующих систем, которые назовем «Социум и ФЦП», моделей не обнаружено и задача создания таких моделей не ставилась. А именно такая модель, полагаем, и должна быть основой будущей ИСППР.

Для работы в данном направлении предлагается на первых ее этапах применить когнитивный подход к исследованию проблем ФЦП и их результативности с позиций социума и использовать инструментарий когнитивного моделирования сложных систем [4,5] как «помощника» в процессе их понимания, объяснения, описания, предвидения, управления, принятия решений. Когнитивное моделирование сложных систем следует принципам теории систем и системного анализа.

Когнитивное моделирование сложных систем к настоящему времени представлено во многих публикациях, апробировано на практических задачах. Методология когнитивного моделирования [4,5] состоит из набора моделей и методов решения задач разработки когнитивных моделей разного уровня сложности, анализа свойств реальной системы на ее когнитивных моделях, в том числе, задач устойчивости (к возмущениям и структурной), связности, путей и циклов (цепочек причинно-следственных связей), чувствительности, сценарного анализа (путем импульсного моделирования), научного предвидения и ряда других. Серьезным достоинством когнитивного подхода и различных форм когнитивного моделирования является визуализация семантических структур памяти экспертов (исследователей) в виде схем – когнитивных карт, что упорядочивает и организует мышление. Использование семантических структур привязывает абстрактные идеи к конкретным понятиям; используется оперативная память человека, чтобы уловить связующие це-

почки отдельных событий, явлений и понятий. Именно это является существенным в понимании и анализе сложных социально-экономических систем и процессов, в них происходящих. Визуальные схемы удобны тем, что они дополняют другие стратегии и техники критического мышления, в дискуссиях и в процессах принятия решений графические изображения фокусируют содержание и проясняют задачи, позволяют создавать альтернативные структуры, прорабатывать известное, исправлять ошибки. Превращение ментальных (когнитивных) процессов в графическое изображение в виде когнитивной карты (математически это граф) позволяет перейти к формальному анализу такой модели и обоснованию рекомендуемых решений.

Существенным достоинством когнитивных моделей для представления сложных систем, в том числе, для системы «ФЦП и социум» является то, что в них могут быть включены как количественные, так и качественные, неизмеримые непосредственно факторы (например, кризис, политическая обстановка и др.), но могущие существенно повлиять на развитие процессов в системе.

Все это ложится в основу предложения анализа ФЦП с помощью когнитивного подхода. Рассмотрим его возможности на примере анализа Федеральной целевой программы развития образования (ФЦПРО) на 2016-2020 годы [6]. Последовательно визуализируем основное содержание этой Программы.

Структура любой ФЦП построена по общему принципу: цель, задачи, мероприятия для ее реализации, результаты, показатели, индикаторы. Обобщенно схема представлена на рис.1. Схема иллюстрирует «движение» от входов системы (ресурсы, государственные контракты, проекты) к комплексу мероприятий, которые должны быть выполнены с их помощью, обеспечив заданные результаты, показатели, индикаторы, свидетельствующие о решении или нет поставленных задач и, соответственно, о достижении или нет поставленной цели.

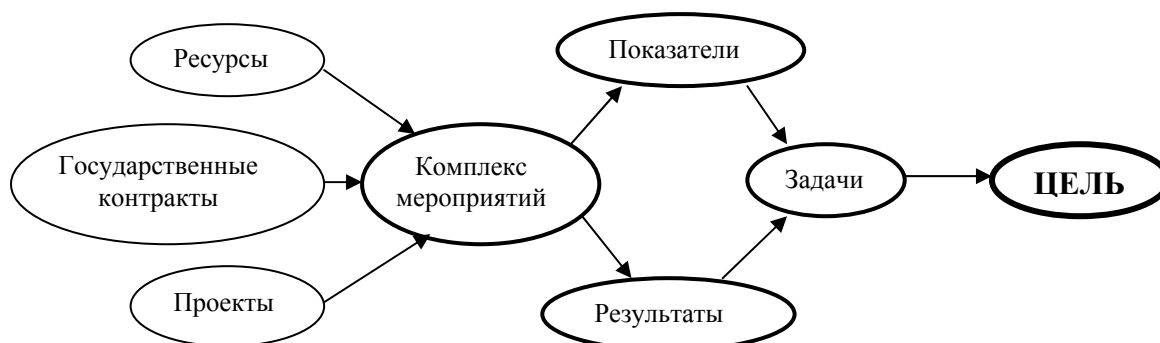


Рис.1 Укрупненная схема структуры ФЦПР

Объявленной целью ФЦПРО «является создание условий для эффективного развития российского образования, направленного на обеспечение доступности качественного образования, отвечающего требованиям современного инновационного социально ориентированного развития Российской Федерации». Цель должна быть достигнута решением 5 задач [6]:

- 1.Создание и распространение структурных и технологических инноваций в среднем профессиональном и высшем образовании;
- 2.Развитие современных механизмов и технологий общего образования;
- 3.Реализация мер по развитию научно-образовательной и творческой среды в образовательных организациях, развитие эффективной системы дополнительного образования детей;
- 4.Создание инфраструктуры, обеспечивающей условия подготовки кадров для современной экономики;
- 5.Формирование востребованной системы оценки качества образования и образовательных результатов.

Решение задач достигается реализацией набора мероприятий. Для задачи 1 предусмотрено пять мероприятий, для задачи 2 - семь мероприятий, для задачи 3 – четыре мероприятия, для задачи 4 – одно мероприятие, для задачи 5 - пять мероприятий. Результат осуществления каждого мероприятия оценивается набором показателей и результатов. Всего в Программе назначено 17 показателей индикаторов и 78 результатов (61 основных). Текст ФЦПРО позволяет построить схему взаимосвязи всех перечисленных сущностей. На рис.2 приведена схема- структура задачи 1. На рис.3 – схема взаимосвязи показателей, результатов, мероприятий для той же задачи.

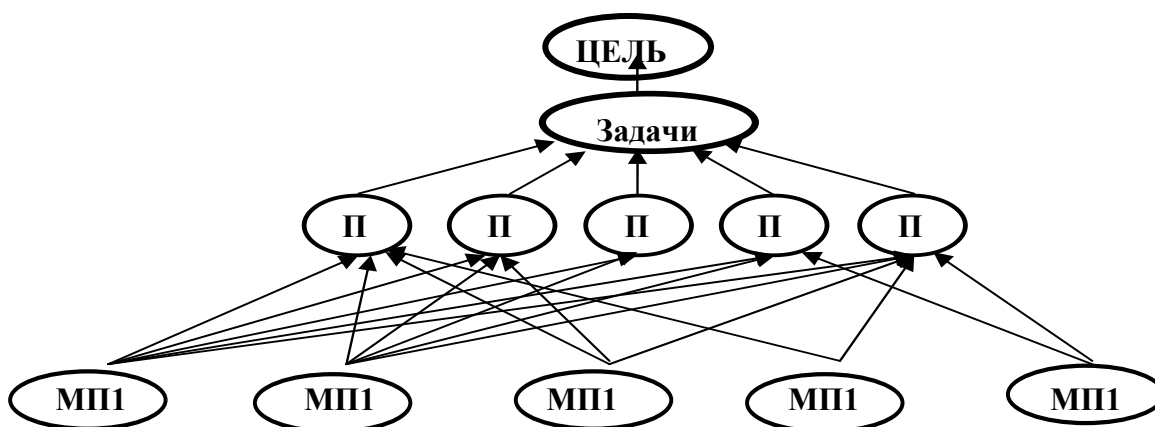


Рис.2.Структура задачи 1

На рисунках: МП – мероприятие, П –показатель, РЗ – результат.
Из текста ФЦПРО [6]. Мероприятия: МП1.1. Модернизация систе-

мы высшего образования посредством разработки, апробации и распространения образовательных программ и моделей вузов в соответствии с задачами социально-экономического развития Российской Федерации и субъектов РФ; МП1.2. Разработка и распространение в системах среднего профессионального и высшего образования новых образовательных технологий, форм организации образовательного процесса; МП1.3. Модернизация системы непрерывного образования (дополнительного профессионального образования) путем реализации пилотных проектов регионов и вузов, разработки открытых образовательных ресурсов, распространение результатов пилотных проектов и ресурсов; МП1.4 Создание условий для получения среднего профессионального и высшего образования людьми с ограниченными возможностями здоровья посредством разработки нормативно-методической базы и поддержки инициативных проектов; МП1.5. Повышение качества управления в системе среднего профессионального и высшего образования.

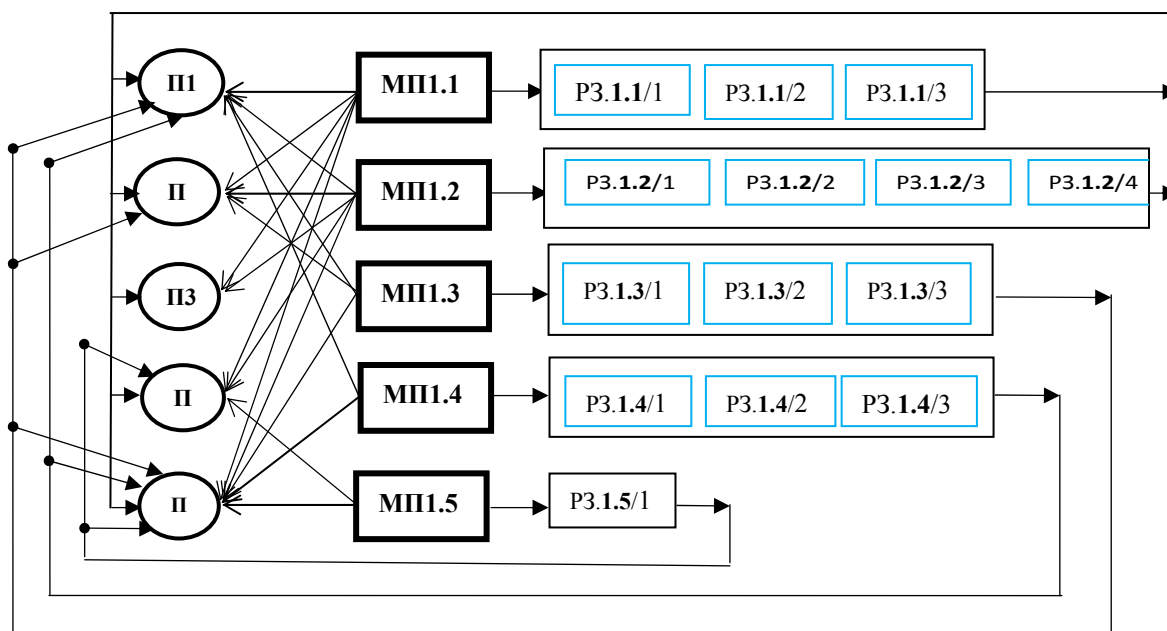


Рис.3. Граф отношений между мероприятиями, результатами и показателями задачи 1

Построены аналогичные схемы и для остальных задач ФЦПРО.

Показатели: П1. Доля образовательных организаций среднего профессионального и высшего образования, в которых обеспечены условия для получения среднего профессионального и высшего образования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, в том числе с использованием дистанционных образовательных технологий, в общем количестве таких организаций; П2. Доля образовательных организаций высшего образования, в которых внедрены индивидуальные

учебные планы на вариативной основе, в общем количестве образовательных организаций высшего образования; П3. Доля средних профессиональных образовательных организаций, в которых осуществляется подготовка кадров по 50 наиболее перспективным и востребованным на рынке труда профессиям и специальностям, требующим среднего профессионального образования, в общем количестве средних профессиональных образовательных организаций; П4. Доля образовательных организаций высшего образования, в которых внедрена система мониторинга трудоустройства и карьеры выпускников, в общем количестве образовательных организаций высшего образования; П5. Доля студентов средних профессиональных образовательных организаций, обучающихся по образовательным программам, в реализации которых участвуют работодатели (включая организацию учебной и производственной практики, предоставление оборудования и материалов, участие в разработке образовательных программ и оценке результатов их освоения, проведении учебных занятий), в общей численности студентов профессиональных образовательных организаций.

Для остальных задач ФЦПРО также разработаны схемы, аналогичные рис.1 и 2. Композиция этих схем через общую цель представляет всю «звездообразную» структуру ФЦПРО. Эти схемы могут быть блоками когнитивной модели системы «Социум и ФЦПРО», но в них еще не отражены возможные риски, возмущающие и управляющие факторы, положительные (акселераторы) и отрицательные (стабилизирующие) обратные связи, не выявлены количественные данные. В обобщенном виде схему с рисками и управлением можно представить рис. 4.

Обозначения рис.4: УО - управляющие органы (согласно ФЦПРО, это Министерство образования и науки РФ, Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки); ОФ – объемы финансирования (за счет средств федерального бюджета, за счет внебюджетных источников). В тексте ФЦПРО указаны возможные внешние риски (вызовы) осуществления Программы, такие, как кризисные явления в экономике РФ, структурные и институциональные изменения экономики страны, новый этап технологического развития глобальной экономики, а также указаны и возможные внутренние риски: 1) из-за межотраслевого характера решаемых задач, направленных на все уровни системы образования, возможны риски территориальных диспропорций, не сохранения единого образовательного пространства в условиях инновационных изменений, носящих системный характер, 2) реализация ряда норм Федерального закона «Об образовании в РФ» связана с рисками правовых коллизий и тупиков из-за многоуровневого распределения полномочий в сфере образования между РФ, ее субъектами, муниципальными образованиями и образовательными организациями, 3) функционирование системы обра-

зования происходит в условиях изменяющегося нормативно-правового базиса экономики и социальной сферы.

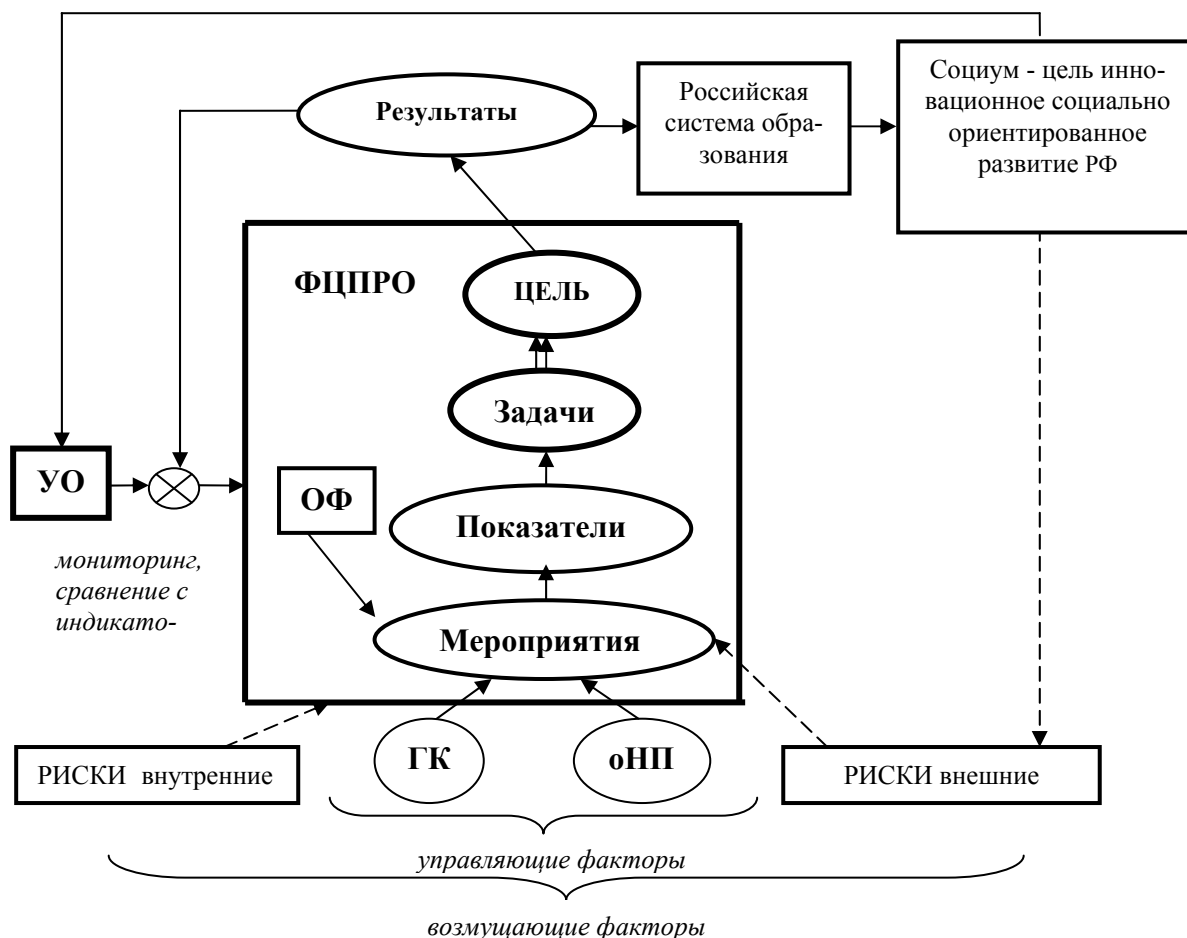


Рис.4 Схема управления ФЦПРО с обратной связью и рисками

Дальнейшая детализация элементов схемы рис.3, раскрытие их смыслов, определение факторов и установление различных причинно-следственных связей между ними, особенно связей между социумом, системой образования и ФЦПРО, является задачей, которую можно поставить и наметить пути ее решения. Так, еще в работе [7] конца 90-х годов, а потом и в работе [8] была создана когнитивная модель взаимодействия системы образования и социума (общества). Но эти модели нуждаются в коррективке с учетом современного состояния системы российского образования.

Следует добавить, что разработка полноценной когнитивной модели, построенной только на основании текста ФЦПРО, если учесть все показатели, результаты, риски, управляющие воздействия, данные мониторинга, состоит более, чем из 200 вершин. Программная система когнитивного моделирования ПСКМ [4,5] позволяет провести ее формальный анализ. На рис.4 изображен один из фрагментов когнитивной модели.

Рисунки 6 и 7 иллюстрируют некоторые результаты когнитивного моделирования. Анализ результатов исследования устойчивости системы к возмущениям (левый рисунок) позволяет сделать вывод, что система не устойчива к возмущениям, т.к. максимальное по модулю число больше 1, т.е. $1,24 > 1$. Анализ данных структурной устойчивости (правый рисунок) позволяет сделать вывод, что система не устойчива и структурно, т.к. в системе имеется $9 - 1 = 8$ четное число циклов отрицательной обратной связи, (согласно теореме о структурной устойчивости, в системе должно быть нечетное число отрицательных циклов).



Рис.5. Фрагмент G1 когнитивной карты «Социум и ФЦПРО».

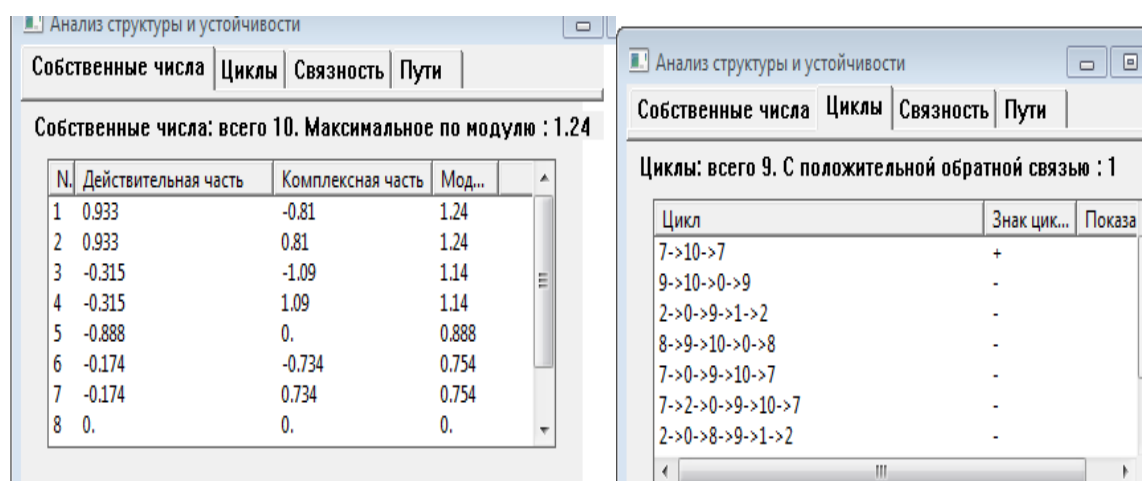


Рис.6. Экранные формы результатов анализа устойчивости

Примером импульсного моделирования возможных сценариев развития ситуаций на модели является рис.6. На нем изображен сценарий, полученный в предположении, что социально-экономическое развитие РФ «положительно», $q_8=+1$, но управленческие решения не удачны, $q_5=-1$. На графиках по оси абсцисс изображены такты моделирования, по оси ординат – величина импульсов при последовательном прохождении ими вершин когнитивной карты. Для облегчения интерпретации результатов моделирования импульсные процессы разбиты на группы по 4 вершины. Приведенный сценарий показывает, что в предположении $q_5=-1$ и $q_8=+1$ ожидаются тенденции колебательных режимов в соответствующих вершинах когнитивной карты, что обусловлено неустойчивостью рассмотренной системы. Оценивать, хорошо это или плохо можно было бы, анализируя полную когнитивную модель, а не только ее возможный фрагмент.

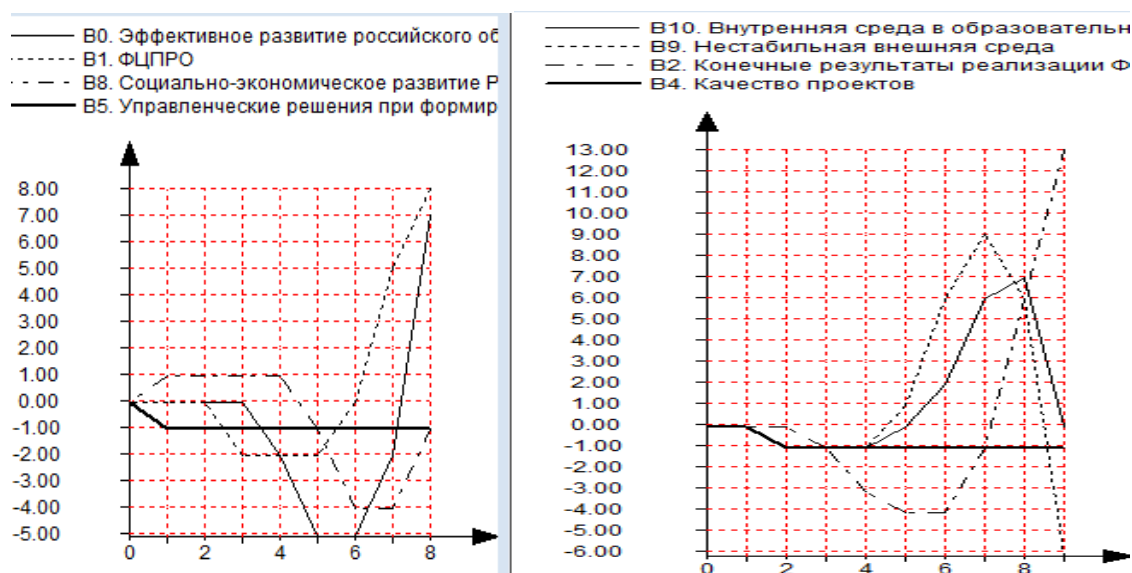


Рис.7.Импульсные процессы по сценарию $q_5=-1$ и $q_8=+1$

В заключение можно сказать, что приведенные результаты моделирования сложной системы «Социум и ФЦПРО» иллюстрируют только начало и возможности ее длительного исследования. Для вычисления оценок ее результативности, эффективности, устойчивости и принятия на их основании конкретных решений по управлению Программой необходим переход от модели типа когнитивной карты к более сложным моделям типа функциональных графов, в которых отношения между некоторыми вершинами могут быть заданы аналитически. Но в любом случае начальным этапом исследования является разработка когнитивных карт, для построения которых могут быть использованы тексты конкретных ФЦП.

Список литературы

1. Ковалевский С.С., Кульба В.В. Создание систем мониторинга реализации федеральных целевых программ. – М: СИНТЕГ, 2006, 148 с.
 2. Дж. Форрестер. Мировая динамика.- – М. : АСТ, 2003. – 384 с.
 3. Новая парадигма развития России (Комплексные исследования проблем устойчивого развития) / Под ред. В.А. Коптюга, В.М. Матросова, В.К. Левашова. Второе издание. - М.: Издательство «Академия», Иркутск: РИЦ ГП «Облформпечать», 2000 г., 460 с.
 4. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. - Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2006. -332 с.
 5. Инновационное развитие социо-экономических систем на основе методологий предвидения и когнитивного моделирования / Под ред. Г.В.Гореловой, Панкратовой Н.Д.- Киев: Изд-во «Наукова Думка», 2015. – 463с.
 6. Федеральная целевая программа развития образования на 2016 - 2020 годы. Утверждена постановлением Правительства РФ от 23 мая 2015 г. № 497
 7. Шукшунов В.Е., Овсянников А.А. Системная модель организационно-экономической реформы образования в России. – М.: МАНВШ, 1998. – 46 с.
- Горелова Г.В., Джаримов Н.Х. Региональная система образования. Методология комплексных исследований Краснодар: Изд. ГУП «Печатный двор Кубани», 2002.-360с.

УДК 303.732.4;

Кукор Борис Леонидович,
д-р .экон. наук, профессор

СУЩНОСТЬ ПОНЯТИЯ «ПРОГНОЗИРОВАНИЯ» И «СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ»

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский Государственный Экономический университет

Аннотация. Статья посвящена исследованию новых научных взглядов на концептуализацию понимания сути стратегического управления, усиления акцента на его динамических свойствах, адекватных перманентно меняющихся ситуаций. В когнитивном аспекте, в процессе формирования стратегического плана, научно — инновационный дискурс проявляется как результат интерпретации реальной действительности.

сти субъектами познания — участниками разработки стратегического плана.

Ключевые слова: теория стратегического управления, логико-лингвистическое моделирование, когнитивные технологии, адаптация, ресурсы, территориальные системы, сетевые технологии.

Kukor Boris Leonidovich
D-r.of Economics, professor..

THE ESSENCE OF THE CONCEPT OF "PREDICTION" AND "STRATEGIC PLANNING"

St. Petersburg, St. Petersburg State University of Economics

Abstract. The article is devoted to the exploration of new scientific views on the conceptualization of understanding of strategic management, placing greater emphasis on its dynamic properties, adequate permanently changing situations. The cognitive aspect, in the process of forming a strategic plan is an innovative scientific discourse is manifested as a result of interpretation of reality cognition actors participating in the development of a strategic plan.

Keywords: strategic management theory, logic-linguistic modeling, cognitive technology, adaptation, resources, territorial systems, networking technologies.

Введение

В постсоветской экономической науке и практике нет более противоречивого отношения к понятию «стратегическое планирование» в социально – экономических системах. Можно сказать, что как отечественные, так и зарубежные исследования в области планирования находятся в кризисном состоянии.

Необходимы новые подходы к пониманию сущности управленческого процесса с позиций когнитивной лингвистики. В результате когнитивных исследований установлена структура информационно – логического процесса стратегического управления.

Первыми среди имён, чьё научное наследие посвящено пониманию и решению проблемы предвидения, принадлежит Петру Кузьмичу Анохину, только в области теории функциональных систем.

1. О механизме сличения обратной афферентации

Пётр Кузьмич Анохин – академик, лауреат Ленинской премии, выдающийся русский физиолог, разработавший учение, касающееся знаменитой теории функциональных систем. Будучи учеником С.П. Павлова, он открыл механизм сличения обратной афферентации (передачи возбуждения к центральной нервной системе (ЦНС) с образом конечного итога – результата действия (акцептора действия)). Этим формируется возможность опережающего отражения смоделированной действительности, у человека появляется свойство антиципации. Антиципация выражается в способности ЦНС человека предвидеть будущее или же развитие событий, явлений, результатов деятельности, активности людей. Его идеи могут быть использованы при разработке систем стратегического управления социально – экономическими процессами.

Предвидение, предсказание – это перевод слова "prognosis" с греческого на русский язык "предвидение" (pro – впереди, пред; gnosis – знание), в любом случае, предвидение – это утверждение о будущем, которое сделано в настоящем.

$$Z(t, S(t+1)),$$

где t – момент времени, в котором сделано утверждение, в частности возникновение угрозы ПС.

Z – высказывания, о смысле которых утверждается. Они могут быть локальными, а могут описывать всю ситуацию.

$(t+1)$ – период времени, на который сделано предвидение.

По нашему мнению, это определение включает и понятие «план»; высказывания Z , S описывают ситуацию в социально-экономической системе.

Проектируя своё будущее, руководитель мыслит его в виде определённого множества упорядоченных альтернатив в виде планов, программ и проектов. При этом, каждая альтернатива различается не только по своей значимости (полезности), но и по вероятности своего осуществления. Причём, руководитель стремится конструировать такое множество альтернатив (проектов) в качестве гипотез решения будущих проблем, которое включало бы с наивысшей вероятностью реализацию, то есть указывало бы достоверное событие в будущем. Поэтому в процессе руководства экономикой, в предвидении следует чётко различать по смыслу процессы прогнозирования и планирования. Смысл руководства в социально-экономических системах (СЭС) любого масштаба можно кратко охарактеризовать как процесс распознавания угроз возникновения проблемных ситуаций и их предотвращение, а в случае их возникновения, то разрешение взаимосвязанных проблем. Аккорды управляющих воздействий процессов принятия решений: планирование, координация, организация в зависимости от вида проблемных ситуаций и цикла их распозна-

вания и разрешения должны предваряться оценкой последствий (не реагирования на угрозы и на тот или иной результат их устранения). Поэтому, для этого нужны знания и инструментальные средства проверки таких гипотез.

Планы, программы и проекты целеустремлённы, т.е. предполагают достижения некоторых целей субъектом управления и, во-вторых, с наступлением ответственности, в случае их недостижения и провала.

2. Прогнозирование - функция управления

Прогнозирование – это тоже функция управления, но без наступления ответственности в случае их неосуществления. Прогноз предполагает некоторое стороннее наблюдение за процессами снаружи объекта управления, которые его дестабилизируют без обязательного участия субъекта в этих процессах. Предвидение ситуаций включает массу локальных прогнозов: демографических, развития науки и техники, природных ресурсов (геологические), изменения и состояние биосферы, социальных и социологических, рыночной конъюнктуры и т.д. Их обобщение и оценка их влияние на экономику весьма трудоёмкая задача, а появление ошибок, якобы, оправдано, поскольку они вполне допустимы в таком сложном деле.

Прогноз очерчивает области и возможности, в рамках которых могут быть поставлены реалистические задачи и цели, выявлены грядущие проблемы, которые должны стать объектом принятия будущих решений. Прогнозы имеют вариантный характер. Данные прогнозов служат исходным материалом для осуществления руководства большой системой. Таким образом, разработка прогнозов и принятия решений – взаимосвязанные этапы руководства.

Уже давно нигде в мире нет полностью стихийных рынков, функционирующих только на основе внутренних регуляторов. Любое государство с помощью различных рычагов пытается воздействовать на рыночный механизм.

Реальность проявляет себя во всем многообразии, потому что число вариантов достижения целей бесконечно. Процесс достижения целей через пространство вариантов необходимо предполагает его представление и описание с помощью специальных моделей. Сужение множества возможностей в пространстве вариантов – это нечто иное, чем выявление способов использования объективных закономерностей, опирающихся на построенные теории стратегического управления.

Роль хороших специальных прогнозов для повышения качества стратегического управления трудно переоценить. Но в настоящее время важные экономические прогнозы не сбываются. В то же время существу-

ет и «планофобия» в административной сфере из-за некомпетентности чиновников и боязни ответственности.

Функция общего руководства – деятельность первого лица СЭС любого масштаба (страны, корпорации, региона). Она включает:

- выработку представления о желаемой ситуации в будущем (целевое состояние);
- выдачу управляющих воздействий для достижения этого желаемого состояния;
- проверка гипотез с помощью новейшей информационной технологией СЭС.

Поэтому «предвидение» является основой руководства, поскольку проверка гипотез с целью предотвращения угроз при помощи «аккордов» управляющих воздействий делает траекторию достижения стратегических целей реальной.

Компьютеризация процессов познания, приобретения и накопления знаний позволяет осуществлять ментально — машинной трансформации когниции личности, осуществлять синтез нового феномена — смешанной когниции.

3. Задачи когнитивной лингвистики

Сложность стратегических проблем определяет сложность задач межличностных коммуникаций (профессиональный дискурс) и вызывает необходимость включения в сеть экспертные системы (ЭС). Проекция искусственного интеллекта на межличностную коммуникацию (Научно - инновационный дискурс - НИД) предстает в виде смешанной речемышлительной деятельности лиц принимающих решения (ЛПР). В когнитивно — коммуникативной парадигме задача когнитивной лингвистики состоит:

1. В описании и объяснении когнитивной структуры, динамики вербального общения участников стратегического планирования.

2. Исследования ментальной картины системы стратегического управления. Ментальная самопрезентация знания участниками стратегического планирования, ЭС в речемышлительной деятельности образуют особую когнитивную действительность.

Когнитивное осмысление научно - инновационного дискурса на основе языковой репрезентации знаний заключается в построении семантических сетей, формировании и использовании сценариев и фреймов потоков проблемных ситуаций трех классов [1].

Концепция, опирающаяся на функционировании универсального механизма адаптивного управления (МАУ), действующая на горизонте стратегического управления и совокупности приобретенных знаний, превращается в смешанную когницию, что достигается погружением

сознания ЛПР в технологическую среду ЭС, при разработке и реализации методологии стратегического управления.

Главное в преодолении сложности разработки методологии стратегического управления — структурирование сознания управляющей структуры экономикой РФ, осмыслении каждым руководителем объективного мира и своей позиции.

Управляющая структура (УС) — совокупность решающих центров (РЦ), связанных отношениями подчинения и коммуникации. Каждый РЦ выступает субъектом общего дискурса, интерпретатором смысловой информации. Индивидуальное сознание каждого ЛПР в РЦ имеет структуру и семиотические характеристики. Оно является функциональным базисом интеллектуально — мыслительной и коммуникативной когнитивно — креативной деятельности. В свою очередь индивидуальное сознание руководителей и специалистов формируют «поля» (уровни) группового сознания субъекта СЭС с соответствующей структурой и обобщенными семантическими характеристиками. Средой для профессионального общения является дискурс [2].

Индивидуальное сознание функциональная основа и форма отражения действительности активно создают и воспроизводят в общении групповое сознание, является субстанцией, обладающей силой самоорганизации, формирует механизм адаптивного управления (МАУ) организации.

В ходе профессионального дискурса, контактируя с другим индивидуальным сознанием и со средой (окружающим материально — техническим, идейно — фактографическим — знаковым миром) оно осмысливает и позиционирует как своё, либо так и своё представление (знание) об отношениях явлений этого мира друг к другу. Знание и впечатления перерабатываются на разных уровнях индивидуального сознания, превращаясь в интенционалы и экстенционалы. Профессиональный дискурс — основной аспект рассмотрение обучения, ключевым признаком которого, является потребность РЦ в распознавании и разрешении проблемных ситуаций (ПС), требующих специальной подготовки людей, профессионально занимающихся управленческой деятельностью. Параметры профессиональной речи:

1. Профессиональное осмысление предметной сферы управленческой деятельности;
2. Инструментальные средства поддержки процесса управления;
3. Профессиональная оценка качества методов реализаций функций управления;
4. Профессиональное маркирование стратегии коммуникативного поведения;
5. Профессиональная ментальная самопрезентация.

Н.Н. Болдырев, исследуя роль языка в структурировании сознания, отмечает «обязательное структурирование сознания проявляется в самой возможности теоретического познания любого предмета, которое предшествует опыту, но имеет целью сделать возможным опытное познание».

Основными моделями структурирования сознания используют разные когнитивные схемы и механизмы структурирования опыта. Поэтому когнитивные технологии являются важнейшей областью исследований для формирования опережающего научно — технического задела разработки системы стратегического управления экономикой РФ.

Стратегическое управление является по сути упреждающим, т.е. адаптивным и непрерывным. Оно включает в свой адаптационный механизм принцип опережающего отражения действительности, который сформулировал П.К. Анохин, в отличие от механизма «запаздывающего» типа. Система стратегического управления позволяет разработать механизм адаптивного управления на основе экспертной системы, обеспечивающий поддержание постоянства устойчивого развития, когда, опираясь на фреймы потоков и фреймы проблемных ситуаций, исследуется среда и получается информация о будущих дестабилизирующих воздействиях.

Взаимодействие предприятия (как и любой социально-экономической системы) с объектами окружающей среды можно описать следующим образом. Представим реализацию данного взаимодействия как потоки, их связывающие — материальные (в т.ч. вещественные и денежные) и информационные. Все потоки могут быть описаны во фреймах потоков. Содержанием информационных потоков может быть та информация, которая является ресурсом, предметом или результатом деятельности предприятия (как и любой СЭС), но не управленческая информация, циркулирующая в субъекте управления (т.е. управляющей структуре) либо информация потоков, связывающих элементы субъекта управления с элементами объекта управления.

1. Организации СЭС должны планировать и организовывать, что бы контролировать и координировать свою деятельность.

2. Что бы гарантировано принимать во внимание будущее, стремиться понять будущие последствия решений, принимаемых в настоящем.

3. Что бы Лица Принимающие Решения (ЛПР) были ответственными и рациональными.

В когнитивном аспекте, в процессе формирования стратегического плана, научно — инновационный дискурс проявляется как результат интерпретации реальной действительности субъектами познания — участниками разработки стратегического плана.

Выводы

Дискурс агентов коммуникативного акта формирования стратегического плана является когнитивной программой управленческой деятельности, характеризующейся эффективной направленностью, реализующееся в наборе стратегий и тактик, в стремлении участников стратегического планирования к достижению взаимопонимания, к формированию комплиментарной системы долгосрочных связей в следствии совпадения аксиологических приоритетов коммуникантов.

Модель профессионального стратегического дискурса состоит из трех блоков:

1. Функционально — аксиологический блок традиционной технологии

а) Деятельность: модернизация традиционной технологии.

б) Внедрение альтернативной технологии.

в) Координационные организационные решения.

2. Блок логистико - ориентированного моделирования инновационной деятельности

а) Моделирование инновационного проекта в продуктовой цепочке и концептуальных фрагментов системных решений.

б) Инновационные стратегии.

в) Информационная интеграция на базе общей концептуальной системы

г) Обеспечение безопасности.

3. Лингво - прагматический блок

а) Стратегии и тактики научного инвестиционного дискурса (НИД).

б) Конструктивная направленность научного инновационного дискурса (НИД).

Областью функционирования НИД с инновационном прагматическим потенциалом (а его надо рассчитывать), новое не всегда полезно или не своевременно. Когнитивная основа НИД предполагает наличие определенного концептуального основания процесса формирования системы стратегического управления (а не фрагменты структур эмпирического опыта) лежащих в основе дискурса, и особой системы организации распределения концептуальной информации, включающей прежде всего алгоритмы формирования инновационных стратегий, схемы, МАУ. Наличие данных характеристик НИД делает дискурс коммуникативно необходимым и обоснованным. Дискурс всегда должен быть ориентирован на его концептуальную систему стратегического управления, её когнитивные возможности и потребности адресантов. Каждый адресант должен обозначить способ концептуально — категориальной обработки информации и/или степень вхождения имеющихся знаний в свою

концептуальную систему стратегического управления, позволяющая осуществить успешную коммуникацию.

Список литературы

1. Болдырев Н.Н. Роль языка в структурировании сознания. // Когнитивные исследования языка. 2015. Вып. XXII. С. 34-39.
2. Кукор Б.Л. Организационное моделирование процесса управления предпринимательской деятельностью в регионе – СПб.: Изд-во СПбУ-ЭФ, 1996 -234 с.

УДК 37

Кацко Игорь Александрович

д-р экон. наук, профессор

Величко Павел Юрьевич

канд. экон. наук, докторант

Савенко Алексей Валентинович

канд. техн. наук, профессор

К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Краснодар, Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина,
stat@kubsau.ru

Аннотация. Содержательную взаимосвязь социально-экономического пространства и математических структур как последовательных отображений между многомерными пространствами, лицу, принимающему решения, предлагается дополнять учетом риска и негативных последствий как для себя, так и для других.

Ключевые слова: социально-экономическое пространство, управление, многомерное пространство, система координат, лицо, принимающее решения, антихрупкость, принцип внешних дополнений, риск.

Katsko Igor Alexandrovich

Doctor of Economic Sciences, Professor

Velichko Pavel Yurievich

Candidate of Economic Sciences,

Doctoral student

Savenko Alexey Valentinovich

Candidate of Engineering Sciences, Professor

THE QUESTION OF MANAGEMENT IN SOCIAL AND ECONOMIC SPACE

Krasnodar, Trubilin Kuban State Agrarian University,
stat@kubsau.ru

Annotation. The content interconnection of the social and economic space and mathematical structures as successive mappings between multidimensional spaces is proposed to be complemented for the decision-maker by mean of taking under control the risk and negative consequences for himself and for others.

Keywords: social and economic space, control, multidimensional space, coordinate system, the decision-maker, antifragile, principle of external additions, risk.

*Лабиринт, рассматриваемый сверху,
всегда представляется простым.*

(В.А. Зорич. Математический анализ
задач естествознания, 2008)

Рост в мире численности населения в конце двадцатого и начале двадцать первого века индуцирует проблемы управления на разных уровнях иерархии социума. При этом вариации контекстного описания изменяются от эвакуации из помещений, предотвращения беспорядков – *управления агентами*, до *управления поведением толпы*. В последнем случае рассматриваются два направления, лежащих в русле гуманитарных исследований (психология толпы, полит-технологии и пр.) и математического моделирования (совместное адаптивное поведение людей на основе информации о неопределенных факторах – *модели команд, поведение людей, ориентированное на большинство – модели порогового поведения*) [1]. Между тем, даже простое геометрическое представление социально-экономического пространства, некоторым образом аналогичное описанию реляционных и не реляционных (графовых) баз данных и знаний на описательном уровне, не претендующем на выявление зависимостей и закономерностей, позволяет понять некоторые явления окружающего мира и возможности по их управлению [2, 3].

Как известно, связь с реальностью математической модели подтверждается практическим приложением результатов. Таким образом, любая математическая теория (идеология формализации) «проецируется» в реальный мир пока может интерпретироваться содержательно.

Визуализация представлений о социально-экономическом пространстве и управлении в нем в статике может опираться на шкалу про-

пространств (топологические $\subset$ метрические $\subset$ линейные нормированные $\subset$ банаховы $\subset$ гильбертовы) [4].

Какое пространство следует выбрать и насколько оно соотнобразуется с реальным миром? Здесь следует вспомнить – что согласно эрлангенской программе Ф. Клейна геометрия исследует «инвариантные группы преобразований однородного пространства», поэтому, группа преобразований, в известной мере соответствующая практической задаче, определяется целью описания. В наиболее общем и хорошо изученном случае речь идет о линейном отображении векторного пространства X в векторное пространство Y ($L: R^m \rightarrow R^n$), а далее о векторном пространстве со скалярным произведением. Тогда, например, говоря про системы управления – традиционные (западные) и восточные, объяснение неприменимости японской системы в других странах доставляется тем, что отдельные социально-экономические подпространства Запада и Востока ортогональны друг по отношению к другу и события значимые в пространстве одного общества при проецировании в другое (ортогональное пространство) превращаются в нуль.

Кроме вопроса отображения пространств разных уровней иерархии следует поставить вопрос о шкалах измерения, соответствующих осям каждой системы координат. Например, очевидно, что при переходе к более высокому уровню иерархии шкалы от количественных переходят к качественным (обычно от интервальных к ординальным), то есть речь идет о переходе к изучению объектов произвольной, в том числе и нечисловой природы [5]

Далее возникает попутный вопрос, а как содержательно интерпретируются оси координат?

Ответ вполне очевиден – оси координат и отображенные на них шкалы соответствуют идеям (гипотезам) Дж. Миллера 1950-х гг., Дж. Нейсбита – 1980-х гг. о возможностях восприятия человека и общества в целом: любое событие в m -мерном социально-экономическом пространстве (X) – проецируется в n -мерное (Y) (реально 10-11 мерное, согласно их исследованиям), различных уровней иерархии социума и каждого индивидуума [6, 7]. В принципе в зависимости от природы множеств X и Y можно говорить о реализующемся между пространствами отображении, преобразовании, морфизме, операторе, функционале [8, 9]. Таким образом, практически все математические модели с той или иной степенью точности могут описывать социально-экономическое пространство.

Вопрос содержательного наполнения осей координат социально-экономического пространства решается в результате получения образования, воспитания, самообразования, воздействия окружающей среды

(социума) и средств массовой информации. Отсюда легко понять, почему одни и те же события разными людьми и обществами воспринимаются по-разному.

Таким образом, управление сегодня сводится с одной стороны к содержательному формированию соответствующих осей координат социально-экономического пространства, а с другой – поиску такого преобразования пространства событий (в простейшем случае линейного), которое позволит видеть события в нужной системе координат.

С другой стороны, согласно исследованиям, Дж. Нейсбита тенденции, зародившиеся у отдельных лиц, имеют свойство формировать тренды – «мегатренды», реализующиеся в неформальную систему координат социума.

Согласно идее метода главных компонент, внешние и внутренние факторы («мегатренды») формируют социально-экономическое пространство, в котором каждый индивидум в результате лексикографического упорядочивания выбирает одну ось координат в качестве контекста для оценки того, или иного события. Возникает возможность построения вероятностной модели событий, которая опирается на идею построения вероятностной модели языка по В.В. Налимову и использует условную функцию плотности распределения вероятности $p(x/\mu)$, где x – событие, а μ – рассматриваемый контекст, $p(\mu)$ – плотность вероятности смысла слова или «тенденция к осуществлению смысла слова» (В.В. Налимов) [10]. Таким образом, $p(x/\mu)$ – *функция правдоподобия события x в контексте смысла слова μ , соответствующего, выбранной оси координат*. Практическая возможность вероятностной оценки может сегодня опираться на идеологию детерминационного анализа или аффинитивного анализа реализуемых на базе классических реляционных базах данных [11].

Другая идея геометрического описания социально-экономического пространства опирается на представление в виде графа, который позволяет оперировать понятиями сложности, связности, кластерности и т.д., нашедшая свое отражение при изучении социальных сетей и построении нереляционных (графовых) баз данных.

В последние десятилетия описание систем все больше переходит от аксиоматического подхода к конструктивному, который С. Клини охарактеризовал как метод *содержательной* или *материальной аксиоматики, характеризующейся содержательным принципом внешних дополнений (Ст. Бир) или наличием дополнительной аксиомы (Адамар)*. Для описания системы с точки зрения наблюдателя, наблюдающего систему извне, вводится «формальный системный объект» – метанабор системы исследования S , позволяющий описывать системы на базе логических и математических методов [12, 13, 14]:

$$S \stackrel{\text{def}}{=} \langle Z, STR, T, \Phi, N, C \rangle,$$

где $Z = \{z_i\}$ – цели; $STR = \{STR_{\text{пр}}, STR_{\text{орг}}, \dots\}$ – производственные, организационные и др. структуры; $T = \{meth, means, alg, \dots\}$ – технологии (методы, средства, алгоритмы и т.п.) реализующие систему; $\Phi = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ – условия существования системы (внешние, внутренние) или функциональность системы; N – наблюдатели, на языке которых описываются компоненты, отношения и их свойства, С-конструкция (конструирование), обусловленная геометрической моделью социально-экономического пространства, соответствующей целям решения задачи

Попытка формализованного представления социально-экономического пространства предполагает, как минимум три ступени [11].

Первая ступень – математизация, понимание многомерности социума коррелирует с понятием многомерного пространства, что предполагает использование математических объектов (пространств, векторов, тензоров и правил их отображений). Вторая ступень аксиоматизация, третья – правила интерпретации.

Однако несмотря на описательную очевидность математического представления, имеют место как вычислительные сложности учета всех взаимосвязей, так и латентные подразделения социально-экономического пространства, которые существенным образом оказывают влияние на траекторию движения как отдельной личности, так и социума в целом. Следуя логике Н. Талеба формализованное представление, лежащее в основе прогноза и принятия решения должно опираться на ответственность специалиста за использование модели и возможность наказания вплоть до ostracism, согласно закону Хаммурапи, созданному около 3800 лет назад и требующего наказания пропорционального принесенному ущербу. (Так в древнем Риме инженер какое-то время жил под мостом, который построил.) [15]. Наши математические модели не отражают степень ответственности или риска автора модели при решении задач управления и принятии решений в социально-экономическом пространстве. Этим и объясняется их слабая связь с реальностью. Как учесть риск? – возможно для этого требуется использование «принципа внешних дополнений», включающего риск как один из критериев построения модели. Это направление исследований представляет несомненный интерес и должно разрабатываться при решении реальных задач управления и принятия решений.

Столкновение идеологии «жесткого» управления, реализуемого при иерархическом подходе и «мягкого», ориентированного на принципы, заимствованные у природы: самоорганизации, адаптации и селекции в сетевых структурах, сегодня привело к пониманию необходимости их

взаимодействия (естественны аналогии: государство и рынок, методы формализованного описания систем и методы активизации интуиции специалистов и т.д.). Еще Денис Габор в работе «Перспективы планирования» математически строго обосновал необходимость чередования «жесткого» управления и свободы выбора последующих решений, напоминая лицам, принимающим решения «не забывайте предусматривать свободу выбора решений для тех, кто придет после Вас» (Д. Габор) [16].

Отдельный индивидуум (как и коллектив), находящийся в социально-экономической среде не строит математических (или других моделей) – он наблюдает события, происходящие в окружающем мире, которые интерпретируются им в его личной системе координат, формирование которой обусловлено воспитанием, образованием и т.д. и выбирает для себя стратегию поведения в зависимости от сложившейся ситуации. Целью социально ориентированного общества является «антихрупкое» (Н. Талеб) управление (учитывающее риск и негативные последствия как для себя, так и для других) формированием социально-экономического пространства и соответствующей системы ценностей для осознания и оценки явлений окружающего мира.

Список литература

1. Бреер В. В. Управление толпой – математическое моделирование порогового коллективного поведения. / В.В. Бреер, Д.А. Новиков, А.Д. Рогаткин – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 168 с.; цв. вкл. (Умное управление)
2. Бениаминов, Е. М. Алгебраические методы в теории баз данных и представлениях знаний. – М.: Научный мир, 2003. –184 с.
3. Робинсон Я. Графовые базы данных: новые возможности для работы со связанными данными /Я. Робинсон, Д. Вебер, Э. Эйфрем – Изд. 2-е – пер. с англ. Р.Н. Рагимова; науч. Ред. А.Н. Киселев – М.: ДМК Пресс, 2016. – 256 с.
4. Курс наглядной геометрии и топологии / А. А. Ошемков, А. Т. Фоменко [и др.] Изд. 2-е, испр. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 352 с.
5. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Ч. 1: Нечисловая статистика. – 2009. – 541 с.
6. Нейсбит Дж. Мегатренды / Джон Нейсбит. – М.: АСТ, Ермак, 2003.
7. Бондаренко П.С. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие / П.С. Бондаренко, Г.В. Горелова, И.А. Кацко ; под ред. И.А. Кацко, А.И. Трубилина. — Москва.: КНОРУС, 2017. — 390 с.
8. Зорич В. А. Математический анализ. Часть I. – М.: МЦНМО, 2017. – 564 с. Часть II. – М.: МЦНМО, 2015. – 676 с.
9. Винберг, Э. Б. Курс алгебры. – 3-е изд., дополненное. – М.: МЦНМО, 2017. – 592 с.: ил.
10. Налимов, В. В. Вероятностная модель языка: О соотношении естественных и искусственных языков – Изд.3. Томск – М.: Водолей Publishers, 2003.–386 с.

11. Чесноков С.В. Детерминационный анализ социально-экономических данных. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: «ЛИБРОКОМ», 2009. – 168 с.
12. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ: учебник для вузов / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – М.: ЮРАЙТ, 2010. – 679 с.
13. Кульба В.В. и др. Информационные процессы и информационное управление / Человеческий фактор в управлении сб. Статей ИПУ РАН под ред. Н.А. Абрамовой, К.С. Гинсберга, Д.А. Новикова и др. – М.: КомКнига, 2006. – 496 с.
14. Лыпарь Ю.И. Теория системно-структурного проектирования – основа интеллектуализации разработки моделей и систем поддержки принятия решений / Ю.И. Лыпарь, И.А. Кацко, Г.Ф. Бершицкая.–Краснодар, 2010– 49 с.
15. Антихрупкость. Как извлечь выгоду из хаоса / Н. Н. Талеб; Пер. англ. Н. Караева. – М.: КоЛибри. Азбука-Аттикус, 2015. – 768 с.
16. Ивахненко А.Г. Принятие решений на основе самоорганизации / А.Г. Ивахненко, Ю.П. Зайченко, В.Д. Дмитров – М.: «Сов. радио», 1976. – 280 с.

УДК 339.1: 338

John-Erik Andreassen

Norway, Halden, Østfold University College
, Associate professor

THE VALUE SHOP CONFIGURATION DEPENDENCE ON A USER-PRODUCER RELATIONSHIP – A SYSTEM ANALYSIS

Norway, Alnabru, Østfold University College
john-erik.andreassen@hiof.no

Abstract. In a knowledge economy the focus from where to find innovation resources is extended to include the whole supply value chain, and from transaction in the market place to relationship sales (Nysveen et al., 2012). Innovation from external sources to the firm that originates from customer has emerged as an important phenomenon. Thus, co-creation of innovation deals with how the firm and customer create value in cooperation (Nysveen et al., 2012). Such a value creating interaction is the essence of the user-producer often denoted as the buyer-user relationship (Lundvall, 1988) that is a vehicle to succeed with business models and development of organization.

This paper focuses on identifying two features of innovation processes. Firstly, as an instrument to position innovation in the buyer-user relationship, and, secondly, as a prerequisite to align such a relationship to the business model's value configuration to the strategy of firms.

To study these issues a system perspective is required. This approach helps to analyse relations between the system entities as the environment, the firm, the project studied, and key processes in an interaction construct.

The project model developed throws light on user-producer innovation integrated in a firm's business model comprising the interaction patterns of processes within a system paradigm. The system paradigm in this context is open and, hence, the system interacts with its environment, and portrays how a user-producer innovation depends on a value shop configuration to create, deliver and capture value for a firm.

Keywords: Buyer-user relationship, Business model, Value shop, Value chain, System Theory, Interaction Models, Innovation processes.

1 Introduction

Research shows (Tidd & Bessant, 2009) that organizations' competitive edge rests on their adaptive system ability to create knowledge transfer, and on the mobilization of the human capital (Weidenfield, 2014; Andreassen, 2014). The former element, developing the core competence for purposive learning to construct a knowledge base and management of knowledge resources, is a strategic aspect (Burgelman, 2002). The latter element concerns the organizational aspect, and how an organization is learning for innovation. In recent years there has been a growing interest among scholars and practitioners to find sources for innovation outside the firm labelled open innovation and user driven innovation.

User driven with co-creation of innovation deals with how the firm and customer create value in cooperation (Nysveen et al., 2012). Such value creating interaction is the essence of the buyer-user relationship (Lundvall, 1988) and is related to the frame of an organized market with main characteristics reviewed such as mutual trust, codes of conduct, and interactive learning. To benefit from a user-producer relationship requires that the innovation creates and delivers value creation to the user, and captures value for the producer for value creating activities.

The underlying theme, how to involve the user of innovation together with the producer for learning on several levels in an organization, as the foundation for development of the firm's business model, and is the main attention of this paper.

For the purpose of this study, the nexus between the buyer-user relationship in an organized market will be discussed, with an appropriate value configuration fitted to the business model. The functions of the business model have to be adapted to the buyer-user's specific needs. For an unstructured problem, as an innovation process for product or service often is, a value shop configuration is needed to satisfy the buyer-user needs. For a structured problem, such as mass-production of a commodity, a value chain configuration is suitable.

The approach is not limited to a general system thinking approach defined “as the fifth discipline” by Senge (1990), but developed as a conceptual model for the system analysis adapted to this investigation. The foundation for the study is how user-producer innovation is integrated in the business model. One major contribution in this field is Osterwalder (2010) with his business canvas that comprises nine building blocks that might be summarized into three main functional areas: value creation, value delivery and value capturing. One might view the business model as an organizational and financial map for the ongoing business activities (Teece, 2010). Another contribution is a discussion of innovation in a buyer-user relationship (Lundvall, 1988).

To sum up, to gain insight into the role of innovation in a buyer-user relationship as an independent variable, i.e., driver for growth in the firm’s profitability, one major assumption is to study how this phenomenon is integrated in the business model of a firm.

Some interesting questions can be raised in this context: How does this example illuminate the overall global changes, and how can a firm apply system thinking to develop a conceptual model to categorise processes for user-producer innovation in a firm’s business model in its environment?

My main research question to be addressed in this respect will be: “How can system analysis of a firm’s buyer-user innovation integrated in the business model enable a firm to achieve higher strategic and financial efficiency?”

The research question is divided into two main patterns of this study. The first one is related to innovation processes in the buyer-user relationship and the business model, and what creates, delivers and captures value. It is reasonable to question if these elements, in a systematic way, can generate conditions for development of an organization. The second direction is that to handle such a complex issue, a system thinking approach and development of a conceptual model is required to achieve the wanted results (Senge, 1990). The research question comprises the following partial questions:

1. How are innovation processes in the buyer-user relationship integrated in a firm’s business model?
2. How to construct an interaction model of such a system?

The research question that constitutes the two partial questions form the structure of this paper divided into three sections. After an outline of the framework in the first section, the second section models in part one how to investigate the phenomenon innovation processes in the buyer-user relationship in the context of the business model.

Applying these two metatheories, the business model and the innovation from the buyer-user relationship, and its organizational and financial implications for the firm forms the structure for the theory section.

Thus, in the second part one discusses the nature of a business model’s (Osterwalder et al., 2010; Magretta, 2002) main components of value creation

as value proposition, value delivered activities and resources required and activities, and profit formulae and capturing value of value creating activities (Lien & Jakobsen, 2015). Depending on whether a problem is unstructured or not, three different kinds of value configurations as the value shop, value chain, and value network are applied.

One might view the business model as an organizational and financial map for the ongoing business activities (Teece, 2010), as the third part of section two reviews structure fitted for innovative organization (Burns, 1961) and (Mintzberg, 1979) discussion of adhocracy.

Then next, a discussion of innovation in a buyer-user relationship is related to how to integrate it in the value shop configuration of the business model. This construct is discussed within the environment of supplier and customer and the markets they serve, and the industry the firm operates within.

A synthesis of innovation in the buyer-user relationship integrated in the corresponding business models, will lay the ground for a system analysis further discussed in the third section. To understand the complexity of this system project, necessitates a conceptual tool that can operationalize and analyse the interrelatedness of the activities and processes in a firm's system, consisting of the object, firm, the industry environment the firm operates within, and the system project required.

A system theoretical analysis provides insight into the role activities and processes to create, deliver and capture value, as the intermediaries of systems elements, the environment (industry), the object (firm) and the project study. Among the major elements in the conceptual model, it prepares the project to compare the present business model with a previous one, and to measure the financial performance and organizational structure acceptable for a firm. An analysis of the firm's value configurations provides insight into what is the dominant logic of a firm's business.

2 Theory

2.1 The role of innovation

To start by clarifying the term innovation, the text below is quoted from a previous article of the author.

At the starting point of an innovation there is the need for an idea to do something new or different, "innovare" from Latin, and obtain a result from it. It is within the framework of an organization how to manage and organize a solution to the problem through innovation or as renewal. The influence of Joseph Schumpeter's (Schumpeter, 1911/1934) theory on "creative destructions" is still strong, which is reflected in the definition outlined in "The Oslo Manual" (OECD & Eurostat, 2005), which distinguishes between four types of innovations (Wiik, 2013 in Andreassen, 2013): 1) product innovations, which involve significant changes in the capabilities of goods and services; 2)

process innovations, which represent significant changes in production and delivery methods; 3) organizational innovations, which refer to the implementation of new methods in a firm's business practices, workplace organization or external relations; 4) marketing innovations, which implement new marketing methods that involve a significant change in product design and packaging, product placement, product promotion and pricing (Andreassen, 2014).

In innovation processes two main forces, technological and marketing innovation, influence the development of an organization, but to succeed they are reliant on managers' ability to conduct these processes (Kline & Rosenberg, 1986 in Andreassen, 2015). Former studies (Tidd & Bessant, 2009) of processes show that organizations' competitive edge rests on their adaptive system's ability to create knowledge transfer, and the mobilization of the human capital (Weidenfield, 2014 in Andreassen, 2014). The latter is an organizational aspect of innovation, while the former is a strategic aspect. Both will be discussed respectively below.

Firstly, innovation related to the increased recognition that not only technological processes and marketing, but also social processes matter, such as the relationship between participants in these processes, and the ability to learn and change, has led to an increased focus on the social element (Aasen & Amundsen, 2011:35). Simply expressed, one can consider innovation to be a collective process. This insight was important for the development of the interactive innovation model (Poole & Van De Ven, 1989). They build on a system dynamic thinking approach, and on ideas about integration of systems and networks. Innovation is then considered to be the result of interaction between process, action and event (Bang Andersen & Crehan, 2009). Then the role of innovation management is to control the various processes for the purpose of creating a record of the systems and processes that promote innovation in the business, and thereby also an overview of the structures and processes that should be changed in order to promote innovation (Agder Research [s.a]).

Innovation might be considered of importance for the user and producer and involvement of activities in the firm (Nysveen et al., 2012). Including both organizations, define this as co-creation innovation where the ability to conduct these activities can be mapped as processes, and performance can be measured as the output of the business through the financial performance.

Secondly, in Bessant (2003) the view that both "knowledge management" and previous "learning organization", as well as "core competence" even earlier, all share the common concern about strategy. The underlying principle is what a firm is good at, and how these skills can be further developed. These abilities can hardly be bought or imitated by competitors since they are firm-specific capabilities bundled as incorporated resources of the organization (Penrose, 1959). There are several ways of dealing with this: Teece and Pisano (1998) discuss dynamic capabilities in firms; Nonaka and

Takeuchi (1995) focus on knowledge capturing and sharing routines; while others like Senge (1990), Leonard-Barton (1995) and Garvin (1993) provide integrated models, and indicate capabilities integrated required for proactive learning.

For the purpose of this study, attention will be paid to integration of product and service innovation, and business model innovations. For the investigation a system theoretical perspective is applied for the research. The approach is not limited to a general system thinking approach, defined as “the fifth discipline” by Senge (1990), but developed as a conceptual model for the system analysis adapted to this investigation.

2.2 Buyer-user integration in the business model

Two metatheories, the buyer-user relationship (Lundvall, 1988) and the value shop configuration of the business model and its impact on organizational form, are the foundation for the theoretical model applied. They connect the main characteristics of the buyer-user relationship to the value chain shop to create and deliver value to the user, and capture value for the firm, and its influence on the organizational and financial structure revealed.

As the figure below shows, the model comprises the buyer-user relationship, linked to the business model that was commented on firstly.

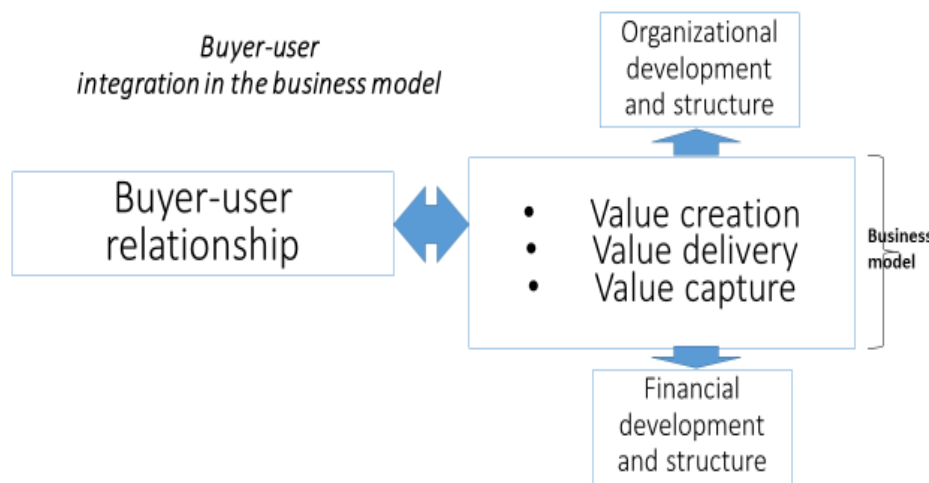


Figure 1: Buyer-user integration in the business model

The role of the business model is to create value by solving a problem or unsatisfied customer wish for the customer, deliver value by having the resources necessary for unstructured problem solving in value shop activity, and to capture value as an optimal proportion of the value creation that decides a firm’s profitability.

The business model is a cognitive map of the organizational and financial structure, and we show how an innovative organization’s functions are connected and aligned to the main functions of the business model as value creation, value delivery and value capturing.

2.2 The buyer-user relationship

In a former study (Andreassen, 2016a:250), innovation and the buyer-user relationship are analyzed as quoted below.

The interaction between user-producer plays an important role because the activities within the innovation process take place in units separate from the potential user of the innovation (Lundvall, 1988). Neo-classical theory and traditional microeconomics are based upon the underlying assumption that perfect competition, with numerous buyers and sellers, implies that the price is the only data in the flow of information between the user and producer (Hicks, 1939).

Lundvall (1988) explains why product innovations are frequent in the real market, which he calls “organised markets” quoted below: “In an economy characterized by vertical division of labour and by ubiquitous innovative activities, substantial parts of the innovation activities will be addressed towards users, outside the innovating units. The organized markets are characterized by a flow of quality information, transactions, prices and volumes and cooperation between formally independent units.” (Lundvall 1988).

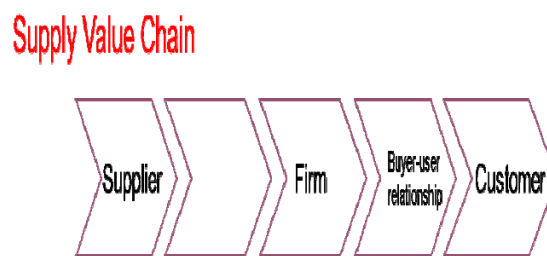


Figure 2: Supply value chain; the buyer-user relationship

As part of a supply value chain, the buyer-user relationship might be considered an interface between the customer and the firm, that is characterized by interaction and for the solution of unstructured problems. The firm (producer) in interactive learning processes will have the resources and competence required, based on the mutual trust that they have the capability to solve the problem, but also the codes of conduct established to develop innovative solutions.

A successful innovation in such an economy must be based upon the knowledge of the needs of potential users (Freeman, 1982). An innovation will only diffuse if information about its value-use characteristics is transmitted to the potential users of that innovation. However, both parties involved, the user and the producer, run a risk in sharing such confidential information since a competitor might get access to the same information. Reducing this uncertainty involves an organisational type of relationship based upon mutual trust and codes of behaviour independent of what kind of innovation they consider (Lundvall, 2010). Both Kline and Rosenberg (1986) and Lundvall (1988) dis-

cuss the interaction between user and producer, but Lundvall (1988) emphasises the role of trust in the relationship unifying two (Andreassen, 2016a:250)

2.3 The nature of the business model

All firms have a business model, and most firms that thrive in business regularly apply the business model extensively to succeed with innovation (Andreassen, 2016b).

However, the term business model did not come on everybody's lips in business economics until after the Internet bubble in the 1990's and 2000's. Before the focus for start-up firms as well as established firms was on the business plan, but a significant impact was created when the Internet based firms put the business model on the agenda (Jørgensen & Pedersen, 2015)

But what is the term business model about? "A business model represents the verbal or graphical logic and dynamic that enables the firm to create values for its stakeholders" is a broadly defined statement by Knudsen et al. (2015:334).

According to Teece (2010), the essence of a business model is in "defining the manner by which the enterprise delivers value to customers, entices customers to pay for value, and converts those payments to profit. It thus reflects management's hypothesis about what customers want, how they want it, and how the enterprise can organize to best meet those needs, get paid for doing so, and make a profit".

The former part relates to the role of the business model to create value for the customer, deliver value to the customer that comprises value creating activities and the human resources, and to capture value. This is in line with Osterwalder et al. (2010:14) logic of the business model of how to create, deliver and capture values. The latter part relates to the role of the business model as the management's hypothesis about customers' needs and want, and how the firm's organization and financial structure are aligned to these needs (Teece, 2010). It might be considered a mental map for an organization (Cheesebrough, 2002), that Magretta (2002) in a story-telling dimension explains how a firm works on the basis of the firm's ability to create, deliver and capture value. Each of these elements will be discussed below. It might be formalized in the firm's document, or it might be revealed in the way the firm executes its business.

2.3.1 Value creation (value proposal)

To begin with, what is the problem a customer needs to solve? Levitt's (1960) reply to this question is "People don't want to buy a quarter-inch drill. They want a quarter-inch hole in the wall". The latter is an example of a problem or unsatisfied customer wish. In a business model context it relates to the customer value proposition (Drucker, 1954), where the concept value proposition is defined by Johnson (2010:25) as "an offering that helps customers

more effectively, reliably, conveniently, or affordably solve an important problem at given price”. The value proposal related to our case might be a product or a service – or a combination of these two – to solve the problem for the customer (Jørgensen & Pedersen, 2015:80). In the same line of argument, Christensen et al. (2005) claim that firms should be more concerned about the problems that their customers have, instead of being preoccupied by segmenting markets on the basis of e.g. demography.

2.3.2 Value delivered

To offer a value proposal is reliant upon resources for value creating activities. To outcompete other firms’ value offerings, a firm has to deliver products and services that solve the problem and satisfy the needs of customers (Johnson 2008). The delivery is not limited to distribution, but to the whole process to develop new products or services from idea generation to product reaching the customers, including production and value created activities. An assumption for these activities is a firm’s resources.

2.3.2.1 Resources of a firm

One may divide resource base (Meyer & Wit, 2010) into the tangible and intangible resources, where the former comprise land, building, materials, money, while the latter consist of the relational resources and competence. Relational resources are considered to firstly be actual relationship, and secondly reputation and brand name. Competence comprises knowledge, capability and attitude.

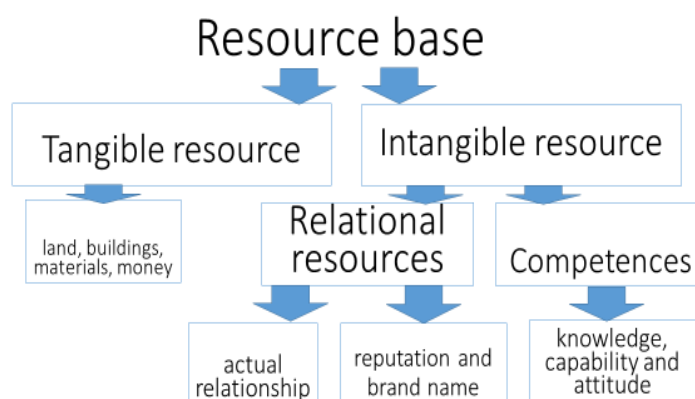


Figure 3: Resource base for a firm

To identify a firm’s capacity to thrive in the immense competition and its profitability in an industry, the resource-based perspective on strategy is applied (Wernerfelt (1984); Rumelt, (1984); Peteraf, (1984); Barney (1991); Penrose (1951) in Jørgensen & Pedersen, 2015). Firms with a higher profitability than the average in industry, are a result of their availability on valuable resources, and provide a firm such as UF with a competitive advantage. Firms with lacking valuable resources have a competitive disadvantage.

2.3.3 Value configuration

A resource is seldom in itself valuable, but becomes that in enabling value creating activities to offer a value proposition. Such value configuration comprises the value shop, value chain and value network, and it depends on the kind of problems a firm will solve for its customers as unstructured or structured (Johnson, 2010:84).

Value shops (Johnson, 2010) are best to solve unstructured problems, where customers employ firms to solve these problems that are of importance for the customers, and they are willing to pay a high price. These value shops are firms dependent on highly knowledgeable employees and trust from the customers that they are able to solve the problem.

Value chains are best to solve structured problems. The value-chain model developed by Porter (1985) describes how economy-of-scales producers execute a number of activities such as purchase, production, out-going logistics, sales and services.

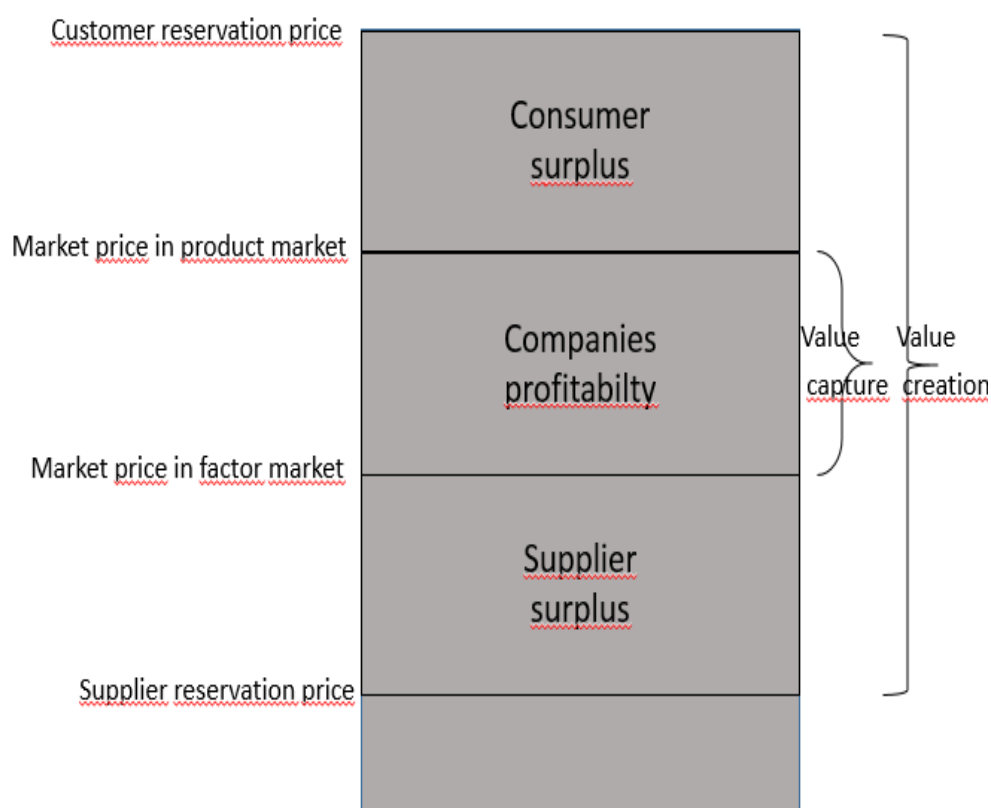
Value networks (Stabell and Fjeldstad, 1998) connect customers with similar types of problem, usually collaborating as e.g. telecommunication (Jørgensen & Pedersen, 2015:76).

2.3.4 Value capturing

The value creation makes the assumptions for the value captured by the firm, expressed as profit formulae. It is not only price, but also variable and fixed cost, capacity utilization, capital invested and so on that can be considered to be a systematic analysis of the firm's financial situation and its ability to apply its resources in the most profitable way (Johnson, 2008). These costs and revenues are generated through the firm's interaction with customers, partners and suppliers in the product and factor market. Magretta (2002) discusses the business model as a narrative comprising value creation, value delivery and value capture, that these components tell the story of how a firm works and what the business is (Jørgensen & Pedersen, 2015:69). The business model provides a fundamental insight into these interactions (Zoot & Amit, 2008), where the objective is to create, deliver and capture value of business opportunities (Jørgensen & Pedersen, 2015).

To gain an overview of how to capture value and achieve profitability for a firm, a model was developed by Jakobsen & Lien (2001) to study a customer in a product market, and a supplier in the factor market. Value creation is the difference between the customer's reservation price, that is the highest amount the customer is willing to pay for the value proposition offered, and supplier's reservation price, that is the lowest amount the supplier will accept

to sell to a customer. The proportion of the value creation depends on the bargaining power of the customer, supplier and the firm. Within the assumptions of perfect competition, the customer is on the market price, while with a monopolistic competition the customer will accept a reservation price, while the opposite is the case for the supplier. The value captured by the firm, or the profitability, is thus a function of the value creation, and how the profit is shared between the customer, supplier and firm.



Lien & Jakobsen, 2001

Figure 4: The potential value creation for value capture

Magretta (2002) discusses the business model as a narrative consisting of how to create, deliver and capture value, where the latter is a numerical story by increasing the volume of a customer segment for gaining the total profitability (Jørgensen & Pedersen, 2015:81).

2.4 Value shop configuration and the buyer-user relationship

After having identified the main characteristics of the buyer-user relationship with the three value configurations, the one that satisfies most features is the value shop when we compare creation, delivery and capture of value. These patterns are discussed below.

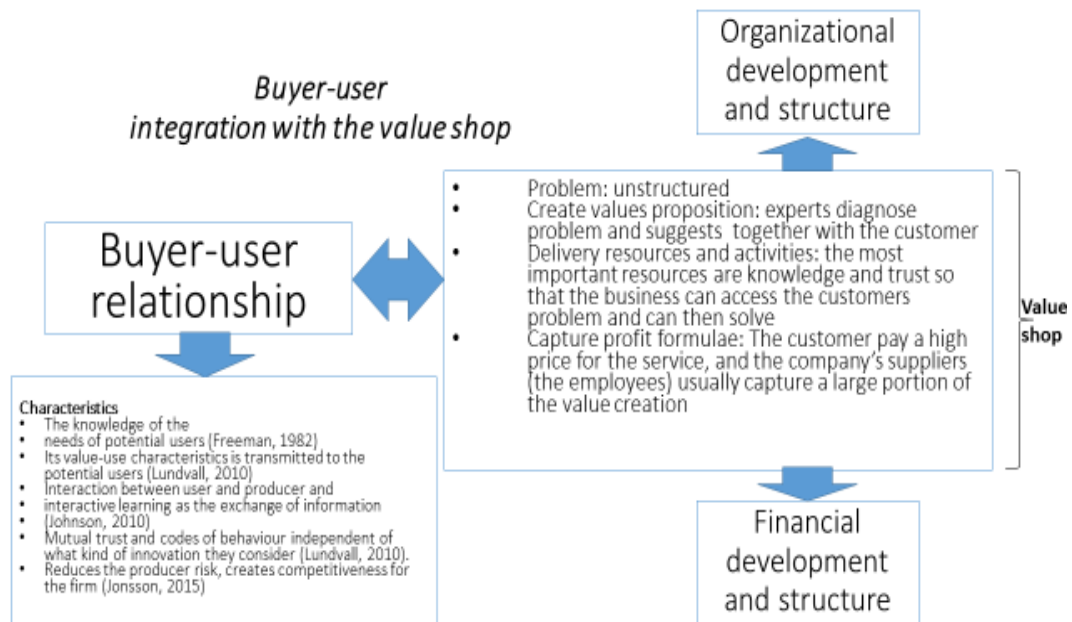


Figure 5: The buyer-user relationship's link to value configuration

1) The knowledge of the needs of potential users (Freeman, 1982) fits with value delivery “most important resources are knowledge”.

2) Its value-use characteristics are transmitted to the potential users (Lundvall, 1988, 2010) fits with value creation “suggests together with the customer”.

3) Interaction between user and producer and interactive learning as the exchange of information (Johnson, 2010) fits with value creation “suggests together with the customer”.

4) Mutual trust and codes of behaviour independent of what kind of innovation they consider (Lundvall, 1988) fits with value delivery “most important resources are knowledge and trust”.

5) Reduces the producer risk, creates competitiveness for the firm (Jonsson, 2015) fits with value capture “usually capture a large portion”.

It is an elusive but not an exhaustive list, but it links main characteristics of the buyer-user with the value shop as the appropriate value configuration. As a final point, innovation in the buyer-user relationship is a complex process that should be viewed as an unstructured problem as only solved in a value shop but not in the other value configurations of the business model.

2.5 The innovative organization and business model

All organizations need to innovate (Burns, 1961). Most organizations are built to try to achieve stability and reinforce towards operations to do better, but not towards do different as creation of future products and processes. Often that creates a tension between the two (Bessant, 2003:43), that has occupied the attention of researchers. Depending on a firm's surrounding as dynamic or stable, Burns and Stalker (1961) discuss how technologies and markets impact on or are impacted by the organizing and the management pro-

cess, either as organic or mechanistic. The latter, as a mechanistic structure to operate in an environment where the organizational structure is hierarchical, depends on specialized knowledge, demands clear roles of authority and power, and is reliant on internal knowledge and expertise with mostly vertical communication (Aasen & Amundsen, 2015:113). This fits for mature businesses in Burns and Stalker's (1961) study, but for new businesses an organic structure was required. Here the main characteristic is that the environments are dynamic, and demand a flexible and creative response. The main characteristic is that within the unit, all contribute to solving the issue, and the individual responsibility is redefined and fitted to circumstances. Communication is network based, is both vertical and horizontal. Knowledge is found several places in the organization, and is recognized as being of importance for the actual product. The latter, as a mechanistic structure to operate in an environment where the organizational structure is hierarchical, depends on specialized knowledge, demands clear roles of authority and power, and is reliant on internal knowledge and expertise with mostly vertical communication (Aasen & Amundsen, 2015:113). As pointed out by Bessant (2003:44-45), these are «ideal types» and there are no either/or patterns in practice, organizations need both organic and mechanistic approaches. The challenge is to identify the particular needs of an organization and adapt to them.

The organic organizing is in line with adhocracy as Mintzberg (1979) discusses, as how the structure must adapt to the actual circumstances. He named the «innovative organization» as an adhocracy with many similar patterns, as discussed by Burns (1961). Main characteristics are small decentralized units with flexible and contemporary structures. Such a group unit may consist of middle managers, and employees and experts to work on a specific and complex task. The behavior within such a group is informal, with specialized competence, and the ability to adapt to the firm's other departments. The latter fits with a value shop, another interesting point made by Mintzberg (1979), as he divides the adhocracy into the operative adhocracy that create customer value, while the administrative adhocracy create firm value capturing, as these functions form the main foundation for the business model (Aasen & Amundsen, 2015). As the organic organization fits with a value shop, mechanistics is in line with the activities in the value chain.

2.6 The firm's external environment

To relate the phenomenon innovation in the buyer-user relationship into the context of the value configuration of the business model, the extended supply chain model below portrays the factor and product markets and industry of the supplier, firm and the customer. Thus it illustrates that the firm

has to deal with activities both inside and outside the boundaries of the firm, that is reliant on both internal and external resources and competence.

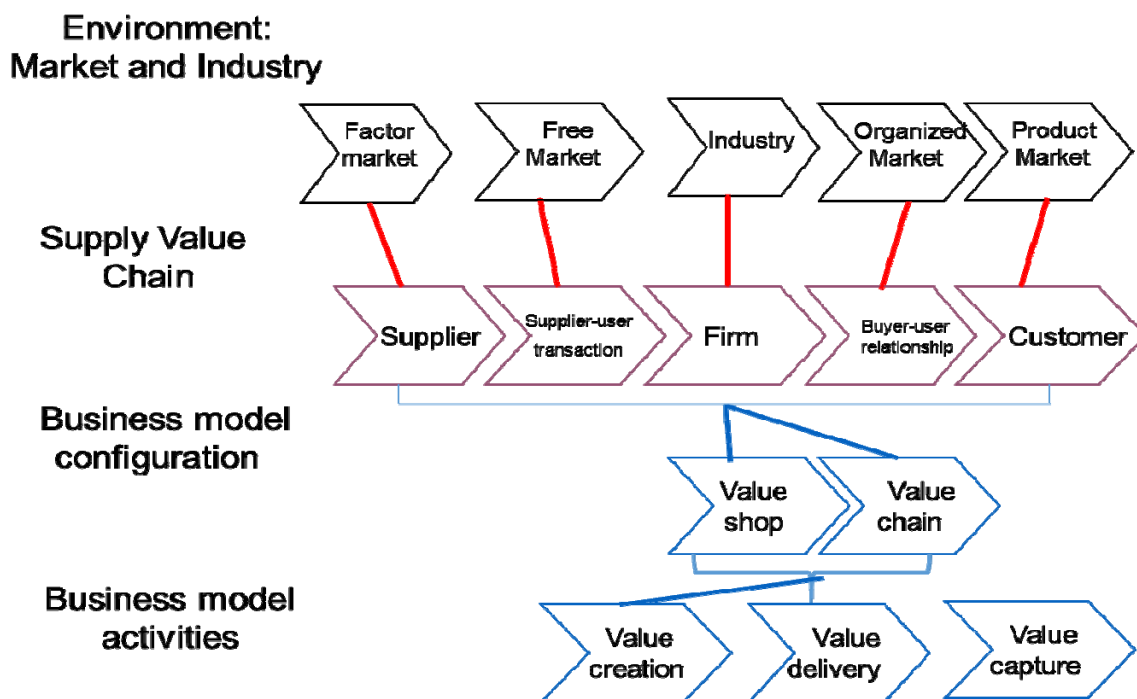


Figure 6: The environment for the supply value chain

3. The conceptual and methodology perspective

3.1. A system analysis of the firm

System thinking incorporates a body of methods, tools and principles, all oriented to a focus of interrelatedness, seeing them as part of a common process. Three levels constitute the structure of an organization; top management, middle management and employees, and the transformation process in such an organization depends on the input of resources, in order to deliver an output of products and services (Katz & Kahn, 1978). Two subsystems have a major impact on the development of innovation; the adaptive and managerial system. The adaptive system functions to attain control of external forces, and to give predictability to its operation.

The phenomenon investigated in the buyer-user relationship, and the innovation developed between the user-producer as they operate in what Lundvall denotes as an “organized market” (Lundvall, 1988) that is the interface between user and producer in an organized market with main characteristics of the relationship such as mutual trust, codes of conduct, and interactive learning.

To modify the structure of an organization to respond to immense changes in its environment, and to adapt the internal system to these conditions with the resources available, is the role of management (Katz & Kahn,

1978), and is discussed as one of the main roles of an innovative organization firm's business model by Mintzberg as he terms adhocrati. He views the operative adhocrati that create customer value, while the administrative adhocrati create firm value capturing, as these functions form the main foundation for the firm's business model (Aasen & Amundsen, 2015). To include discuss these elements into a holistic frame, a firm's actions is analysed by Kleiner (2007) in a socio-economic system is applied, as portrayed in the figure below.

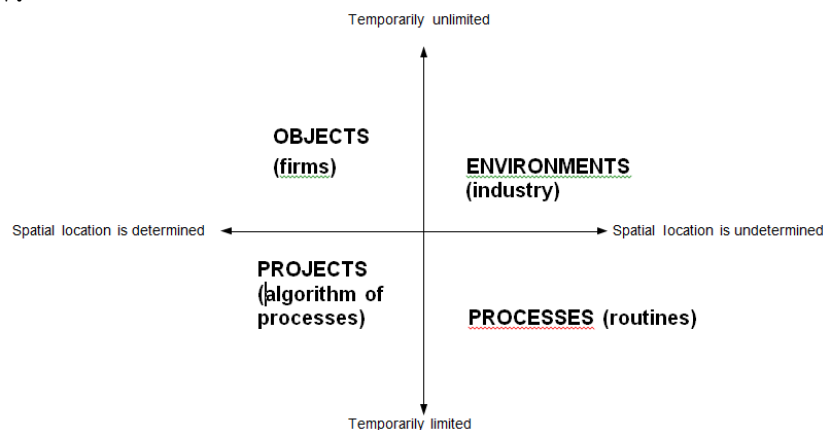


Figure 7: System paradigm (modified version adapted from Lankin et al., 2012)

This model of the system consists of the following elements: The system objects or firms, in the system environment or industry they operate within, the system project, and where relevant the planned project, how buyer-user's innovation is integrated in a firm's business model, and finally the processes defined, (Lankin, Kleiner, & Arutunova, 2012), expressed as procedure required to decide the level of value creating activities in the business model.

These systems type elements are different, as their functional attributes vary in time and space, as shown in the figure below, and the common denominator for the interaction is the processes or the routines, representing the interaction patterns between the sub-system elements (Lankin et al., 2012). The processes, in this context, the procedures represent the functional attributes of the business model. In this study, the analysis of system is based upon an empirical research of a unit that is one of Europe's leading producers of chemical surfactants used an inductive case, but without revealing more details about the firm and the industry.

The firms' business model comprise two value configurations that create, deliver and capture value. These capabilities constitute clusters of value creating activities that consist of routines or procedures, considered to be processes (Lankin et al., 2012) as the third system entity, limited in space, but not in time. These are 20 procedures, which are mapped in 9 different building blocks, as illustrated below in the business canvas (Osterwalder et al., 2010).

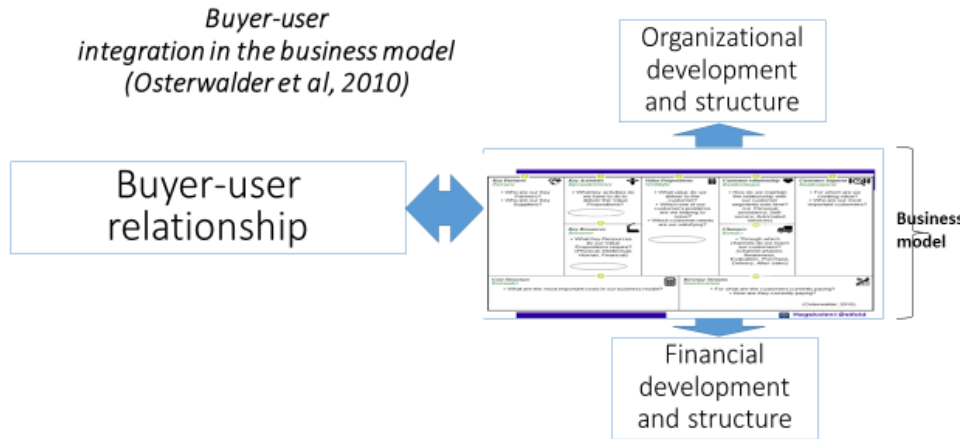


Figure 8: The content of the business model canvas

To create a common language for the question of this research in a system perspective, a conceptual model is constructed to analyse innovation in a buyer-user relationship in the context of a business model.

3.2 An interaction model of processes

In a system analysis perspective, the nine building blocks of the business model including 20 questions viewed as a set of activities, and seen as process or procedure. Related to co-creation of innovation between user and producer, in this system perspective is viewed as processes as well as the 20 business model procedures. These processes are both external and internal, and are interaction patterns between the systems.

Implementation of an interaction process between the project and environment system is shaped by its purpose and the mechanism impacting these elements, as the figure below illustrates.

This conceptual model of system interaction processes concludes the findings of a system literature review. From the viewpoint of a set-theoretical approach to the system model (Ferreirós, 2007), the process system can be defined as $Z : x_1, x_2, z \rightarrow y$, (Lankin et al., 2012:4).

Relating to the figure above, the interaction model represents the project's set of input values, and the system environment they operate within, as what influences the processes, and are the parameters of the system-processes. These represent the set of acceptable values for the system objects' (the firms') output parameters of the processes (interaction process), such as strategic and financial efficiency.

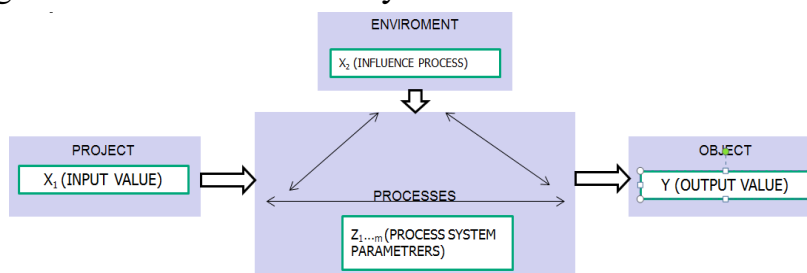


Figure 9: Interaction processes as system (modified version adapted from Lankin et al., 2012)

In this case the process description can be represented by two functions, which are defined in an analytical form by Lankin et al. (2012:4):

$$\begin{cases} z(t) = \varphi[x_1(t), x_2(t), z(t)] \\ y(t) = \psi[x_1(t), x_2(t), z(t), z(t-1)] \end{cases}$$

This conceptual model of system interaction is the framework to identify the system processes in a project system applied for innovation in a buyer-user relationship in the context of a firm's business model, as depicted in the figure below.

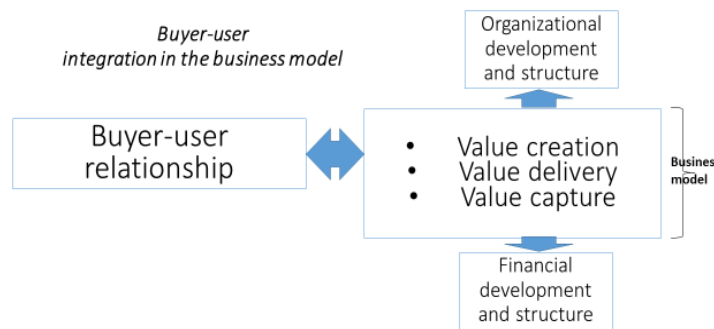


Figure 10: The content of the business model canvas

3.3 A conceptual project model

Co-creation of innovation is the result of a process as cooperation between the firm and its customer as an output, such as a product or service innovation in this case. However, as discussed in section two, the vehicle for these innovations is a user-producer relationship. The capability to solve complex problems together with the user is reliant on the firm's value creating activities and value configuration of the firm's business model. This forms the producing firm's level of organizational and financial structure. A firm's capacity to involve in buyer-user innovation can be considered as an evolvement of the functions in their business model based upon a strategic repositioning from a product to a customer-oriented firm. To satisfy the customer needs depends on the firm's ability to create and deliver value that is foundation for what the firm's ability to capture value.

However, the business model applied depends on solving problems for the customer. For an unstructured problem it demands a value shop configuration, while for a structured problem it demands a value chain configuration. Innovation might be considered from the point of view of importance for the user firm, and on processes to mobilize the producer's employees' ability to innovate together with the user to create and deliver value.

Management of the object system (firm), according to the goals set by the project system, is achieved by means of processes. The system paradigm

system in this context is open and, hence, the system interacts with its environment.

The project system is the value configuration of business model, expressed as value shop, value chain and value network that respectively create, deliver and capture value to each value configuration, modified as $V (V_1, V_2, \dots, V_m)$. These activities and processes differs depending on the value configuration e.g, the value shop have to be in place to achieve user-producer innovation to benefit the object (or producing firm) business opportunities. The object system is represented by a firm business model comprising one several value configuration ($BU_1, BU_2, \dots, BU_m$).

The processes represent the value creating activities included in nine building blocks of the business model required to enable a firm to create, deliver and capture value fitted the value configuration, such as value shop for the user-producer processes for innovation. Both project and object operate within an open system interacting with their environment, the industry which the firm belongs to, and the marketplaces the firm operates within.

The goal achievement for the change project is comparing a firm's business model over a period of time (t_0 t_1) where the value creating activities are the processes connecting the project and the firms' capability in their environment. The accomplished change in value creating activities, caused by the interaction of processes, discovers and sets the goal achievement benchmarks for value activities, or clusters of procedures.

By establishing the main goal of the project, we can compare the gap between the value shop in the present business model ability to capture value through the firm's capability to innovate in the buyer-user relationship versus the previous situation for the firm applying value chain. Modelling of this conceptual project, for management purposes illustrated below.

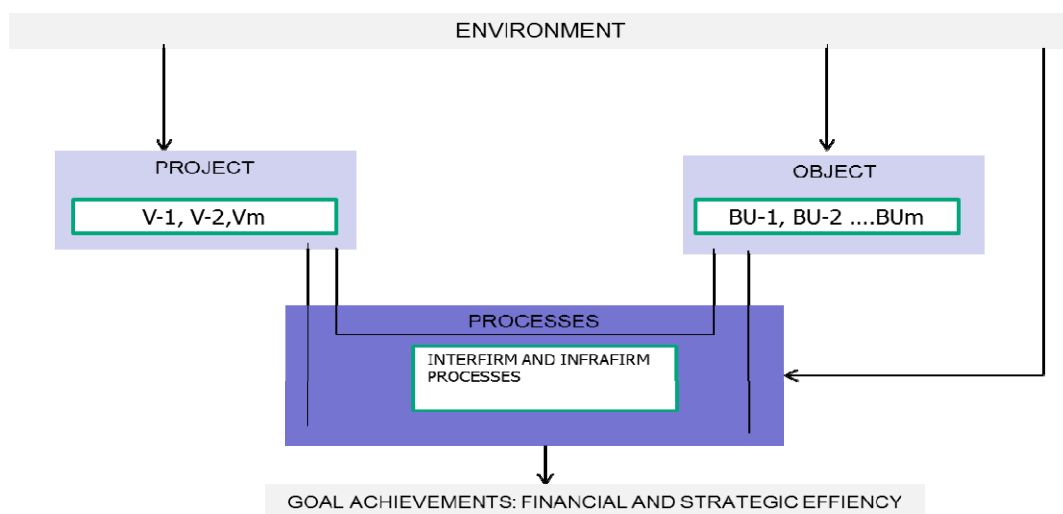


Figure 11: A buyer-user innovation project in the business model (modified version adapted from Lankin et al., 2012)

To enable a firm (the object) to target financial and strategic goals for their innovation processes in e.g. the buyer-user relationship with their customers, and to map the innovation capability and the firm's adaption to the business model, is the purpose of the project system. In this conceptual model, the project-system interacting with the object-system, identifies the required change that has to take place in the firm, through interaction process of the value creating activities. These processes in the business model are to be identified and categorized as analysed in the next section.

Management will by means of dynamic processes which can be classified as criterion for interaction, be able to identify and determine the effects of the firm's strategic change. From a product to a customer driven model that influences the organizational structure but also the financial performance reflected in a profit margin of 3,4 % in 2012, increasing to 15,8 % in 2016 for the model case applied.

3.4.1 Summary of the business model analysis

To create value and access their customers UF apply two value configurations for their business model as summarized in the table below.

Table 1. Two configurations for business model (adapted from Jørgensen & Pedersen, 2015:82 based on Johnson, (2010); Stabell and Fjeldstad (1998))

Element of the business model	Value-shop	Value-chain
Customer group	A-group	C-group
The problem's Complexity	Unstructured problem that requires firm's R&D experts to solve	Structured problem that can be solved on a large scale
CREATE -Value proposition	R&D experts from the firm diagnose problem and suggest solution together with customer's expert adapted to their specific needs	The firm offers mass-production solutions as standardized products
DELIVER -Resources and Activities	Important interfirm resources are relationship and competence with knowledge and trust to access customer's problem. Important intrafirm resources are the dynamic capability from collaboration function departments market, R&D and production	Important resources for the firm to make possible cost-effective economy of scale (OE on 90-95% and automation) and cost-effective purchase and co-ordination of the supply chain. Production is reliant on clear procedures together with access to the market
CAPTURE -Profit formula	High price close to customer's reservation price. Supplier's price between market and reservation.	Low price close to customer's market price Supplier's price between market and reservation.
ORGANIZATION	Organic	Mechanistic

3.4.2 Concluding remarks

The research shows how model innovation in user-producer relationship decides the value configuration for UF's business model. With a buyer-user relationship it requires value shop configuration to solve unstructured problems. To create value for a firm's customers, the value proposition is dependent on experts from R&D to diagnose the problem and suggest solutions together with the customers' experts. The value creating activities depend on important resources concerning relationship and competence, such as knowledge and trust, in order that the firm can access the actual problem and solve the problem. To capture value of the profit formula, the firm's customers are willing to pay a high price for the development of new products, where the firm usually catches a high proposition of the value creation. It is reflected in a pricing close to reservation price in the product market, and a price between the market price and the reservation price in the factor market, providing the firm with a potential competitive advantage in the industry they operate within.

The study shows that when the firm solves a problem that is structured and can be solved on a large scale, within a transaction type of sales, in a value chain configuration, the value is at a low price. To deliver the firm's production is cost-effective, as an economy of scales production where the production capacity has been extended during the period, and there are clear procedures with extension access to the market. To capture the value of the firm's profit formula when the price and margin is low in a transaction market is dependent on high volume and low costs.

As a concluding remark, a firm might gain a competitive advantage in the industry based upon co-creation of product innovation, and the re-innovation in their business model through the strategic decision to become a customer-driven firm. The value shop configuration generates and contributes more than a value chain configuration. It depends on a firm's activities and processes as discussed in the system model, but is reliant upon a firm's relational resources and competence, but also on a strategic capability to handle both the product and factor market, and the firm's positioning in the industry.

To overview and handle such a complex issue, a system thinking approach and development of an interaction model that includes the environment, the firm, the project and the process is required to innovate in a user-producer relationship and capture the wanted results from the appropriate value configuration in the business model.

References

1. Aasen, T. M. B., & Amundsen, O. (2011). *Innovasjon som kollektiv prestasjon*. Oslo: Gyldendal akademisk.
2. Aasen, T. M. B., & Amundsen, O. (2015). *Innovasjonsarbeid: organisasjon, kultur og ledelse*. Oslo: Gyldendal akademisk.

3. Agderforskning. [s.a.]. *Innovasjonsledelse*. Hentet 29.04.15 fra <http://www.agderforskning.no/index.php?articleid=1158>.
4. Andreassen, J.-E. (2013). *The innovation and business strategy of firms in the regions "Västra Götalands län" and "Østfold fylke"* The proceedings of 16th Uddevalla Symposium 2013: Innovation, High-growth Entrepreneurship and Regional Development., Trollhatten.
5. Andreassen, J.-E. (2014). *The innovation process in cross-border region firms*. The proceedings of 17th Uddevalla Symposium 2014: Geography of Growth. The Frequency, Nature and Consequences of Entrepreneurship and Innovation in Regions of Varying DensityTrollhatten.
6. Andreassen, J.-E. (2015). *Classification of employees' involvement in firms' innovation in a border region*. Conference Paper presented at the 18th Uddevalla Symposium 2015: Regional Development in an International Context. Regional, National, Cross Border and International Factors for Growth and Development. June 11-13, 2015. University of Southern Denmark, Alsion, Sønderborg, Denmark.
7. Andreassen, J. E. (2016). *The innovation process in firms with border region location*. International Journal of Entrepreneurship and Small Business, 29, 244-270.
8. Andreassen, J. E. (2016). *The nature of open business around organizational innovation for a firm*. Uddevalla Symposium 2016 : Geography, Open Innovation,Diversity and Entrepreneurship. Revised papers presented at the 19th Uddevalla Symposium, 30 June- 2 July, 2016, London, UK. University West.
9. Bang Andersen, J., & Crehan, P. (2009). *The Next Big Thing?: Trends Shaping Nordic Innovation*. Copenhagen: Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
10. Bessant, J. (2003). *High-involvement innovation: building and sustaining competitive advantage through continuous change*. Chichester: Wiley.
11. Bunge, M., & SpringerLink. (1974). *Treatise on Basic Philosophy : Semantics I: Sense and Reference (Vol. 1)*. Dordrecht: Springer Netherlands.
12. Burgelman, R. A. (2002). *Strategy is destiny: how strategy-making shapes a company's future*. New York: Free Press.
13. Burns, T. S., G. M. (1961). *The Management of Innovation, Tavistock, London., London, Tavistock*.
14. Eurostat & OECD (2005). *Oslo Manual: Guidelines for collecting and interpreting innovation data. 3rd Edition*.
15. Ferreirós, J. (2007). *Labyrinth of Thought: A History of Set Theory and Its Role in Modern Mathematics*.
16. Garvin, D. A. (1993). *Building a learning organization. (includes related information on organizational learning, problem-solving at Xerox Corp., production and operating knowledge and on half-life curves)*. Harvard Business Review, 71(4), 78.
17. Jonsson, I. (2015). *The Political Economy of Innovation and Entrepreneurship*. Surrey.
18. Jørgensen, S. & Pedersen, L. J. T. (2015). *Responsible and profitable : strategies for sustainable business models*, Oslo, Cappelen Damm akademisk.
19. Katz, D., & Kahn, R. L. (1978). *The social psychology of organizations* (2nd ed. ed.). New York: Wiley.
20. Kleiner, G. B. (2007). *System Paradigm and Economic Policy*. Social Sciences and Modernity, pp. 99-114.
21. Kline, S., & Rosenberg, J. (Eds.). (1986). *An overview of innovation in Landau, R. & Rosenberg, N. (eds.) The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington DC: National Academy Press.

22. Knudsen, H., Flåten, B.-T., Falkenberg, J., Holbek, J., Johnsen, Å. & Stensaker, I. G. (2015). *Strategisk ledelse*, Oslo, Cappelen Damm akademisk.
23. Lankin, V., Kleiner, G. & Arutunova, D. (2012) *The Process Approach to Economic Systems Interaction Modeling*. ATINER'S Conference Paper Series, 2012 Athens.
24. Lien, L. B. & Jakobsen, E. W. (2015). *Ekspansjon og konsernstrategi*, Oslo, Gyldendal akademisk.
25. Leonard-Barton, D. (1995). *Wellsprings of knowledge : building and sustaining the sources of innovation*. Boston, Mass: Harvard Business School Press.
26. Lundvall, B. Å. (1988). *Innovation as interactive process: From user-producer interaction to the national system of innovation*. In: DOSI, G. & AL., E. (eds.) *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers.
27. Magretta, J. (2002). *Why business models matter*. Harvard business review, 80, 86.
28. Mintzberg, H. (1979). *The structuring of organizations : a synthesis of the research*, Englewood Cliffs, N.J, Prentice-Hall.
29. Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company : how Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York: Oxford University Press.
30. Nysveen, H., Thorbjørnsen, H. & Pedersen, P. E. (2012). *Samskaping og innovasjon*.
31. Osterwalder, A., Smith, A., Clark, T., Pijl, P. V. D. & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation : a handbook for visionaries, game changers, and challengers*, Hoboken, N.J, John Wiley.
32. Teece, D. J. (2010). *Business Models, Business Strategy and Innovation*. Long Range Planning, 43, 172
33. Penrose, E. (1959). *The theory of the growth of the firm*. Oxford: Blackwell.
34. Poole, M. S., & Van De Ven, A. H. (1989). *Using Paradox to Build Management and Organization Theories*. The Academy of Management Review, 14(4), 562-578.
35. Stabell, C. B. & Fjeldstad, Ø. D. (1998). *Configuring value for competitive advantage: on chains, shops, and networks*. Strategic Management Journal, 19, 413-437.
36. Schumpeter, J. (1911/1934). *The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and business cycle*. Cambridge: Harvard University Press.
37. Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline : the art and practice of the learning organization*. New York: Doubleday.
38. Senge, P. M. (1994). *The Fifth discipline fieldbook: strategies and tools for building a learning organization*. London: Nicholas Brealey Publ.
39. Teece, D., & Pisano, G. (1998). *The Dynamic Capabilities of Firms: An Introduction to growth*. Second edition. Oxford University Press.
40. Teece, D. J. (2010). *Business Models, Business Strategy and Innovation*. Long Range Planning, 43, 172.
41. Tidd, J., & Bessant, J. (2009). *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*. Chichester: Wiley.
42. Weidenfeld, A., Bjork, P., Williams, A.M. (2014). *Knowledge transfer and relational proximity between service managers and customers in cross border regions*. 17th Uddevalla Symposium 2014: Geography of Growth. The Frequency, Nature and Consequences of Entrepreneurship and Innovation in Regions of Varying Density, Uddevalla.

GAMING EXPERIMENTS ON EFFICIENCY OF SYSTEM OF SYSTEMS (SOS) DEVELOPMENT

Stevens Institute of Technology (USA)
leon.a.bazil@gmail.com

Abstract. This paper presents the results of experimenting with three different types of decision systems: competition, cooperation and partnership. The System of Systems (SoS) environment is illustrated by the *TranSport* business game simulating the development of regional transportation system consisting of air, rail, road and water networks. The efficiency of a decision system is estimated by the speed, number of mistakes and by the learning rate of participants.

Keywords: *Business Game, competition, cooperation, partnership, efficiency, learning.*

The choice of a business game depends on many factors: mission of the game, the type of participants, the dynamics of systems and the influence of random events on the system development. There are three types of business game functions:

Entertaining for generating interest in the study of systems and enterprises.

Education for the learning of system properties.

Experimenting for the design and testing of new systems.

The least recognized role of business games is experimental. But the games are the only tools that model real human behavior in technological, environmental, economic and social systems. Business games allow the testing of different versions of system design in a short time and at a small cost with convincing conclusions. Moreover, participants of such experiments may become active developers of the game and experts in simulated systems. It is proven by the “open-source” approach of software development and the furnishing of customized game contents [1, 2].

We offer application of board business games for the testing of different types of decision taking:

Competition (no information exchange – closed cards),

Cooperation (full information available – open cards),

Partnership (resources exchange – all cards available).

For the experimentation with SoS design we offered *Holarchy* approach [3]. SoSs may be compared either within the dynamics of the same structure or with the similar population of players. We designed a game, *TranSport*, which

has universal applications for experimentation with more general conclusions about different strategies and learning rates [4]. The board of this game is presented in Fig.1 below:

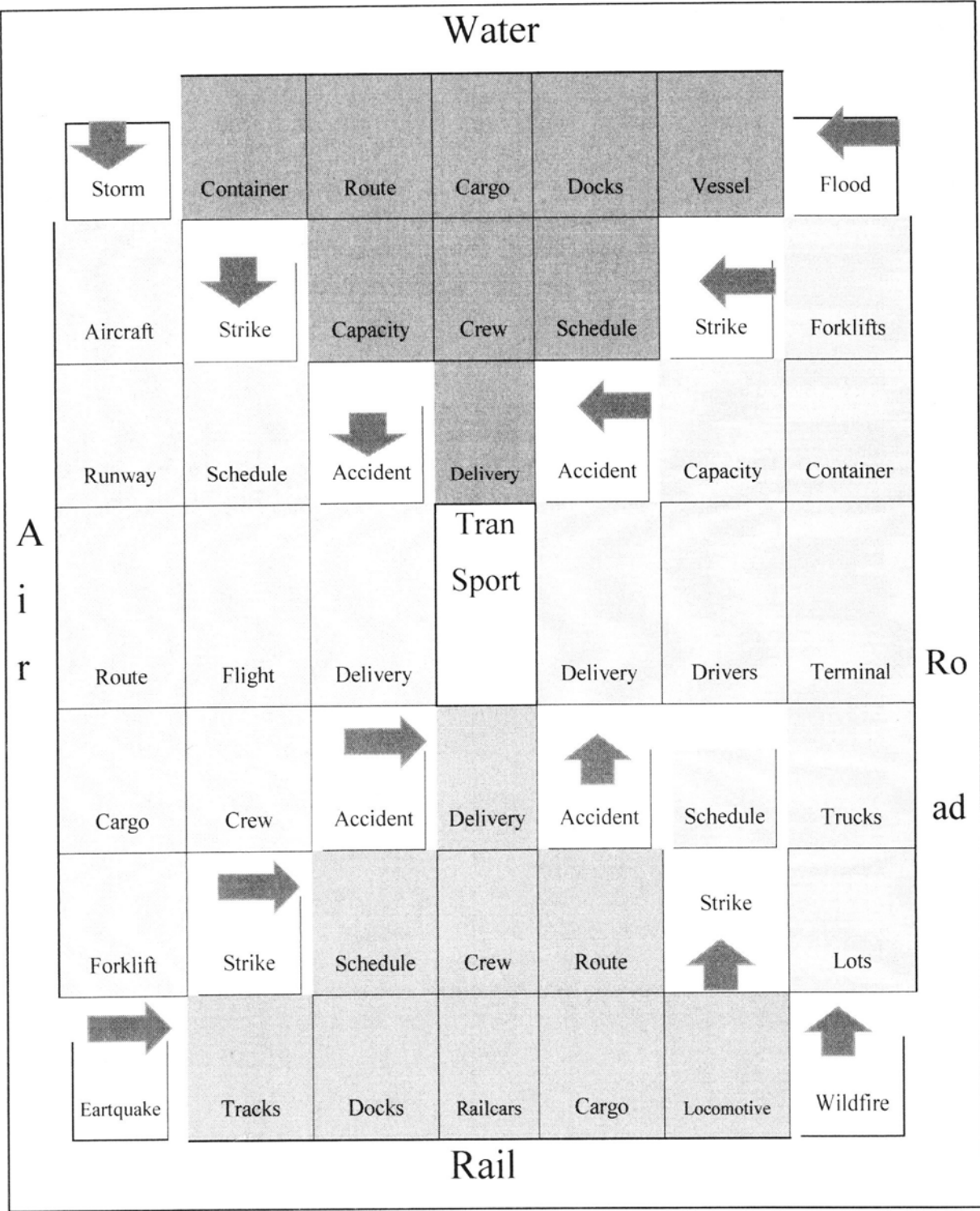


Fig.1. Game board for business game *TranSport*.

The *TranSport* game presents transportation system as a *Holarchy* – integration of hierarchies of specialized industrial systems into interactive re-

gional System of Systems. These systems are developing by the combination of individual business decisions considering interdependence between them. Each sector of the game board contains a pyramid of hierarchy of industrial development including internal technology, influences of other systems and random events. Industrial sector develops in levels from the bottom up, but each level may be destroyed without destruction of the previous levels. For example, employees on strike can stop railroad from running, but do not destroy the trains, so on the next round of game traffic may be restored.

Development of each system is simulated by the placing of **component cards** in the industrial pyramid from the bottom levels up, for example, actual delivery of cargo or passengers may start as soon as network, crew and schedule are ready. The interaction between systems and random events are presented by placing on the board of a **trump card**, which may destroy the appropriate level of a system. Distribution of cards between players is random. This game may simulate different levels of uncertainty and cooperation. Rules for a transportation system game may restrict players from the information on resources of the other players (closed cards), or reveal them (open cards). Players may be following an individual gain of placing cards themselves and preventing others from finishing (individual criteria), or be asked for faster finishing game as a whole team (collective criteria). Fig.2.shows comparison of four possible combinations of game rules corresponding to four different transportation systems:

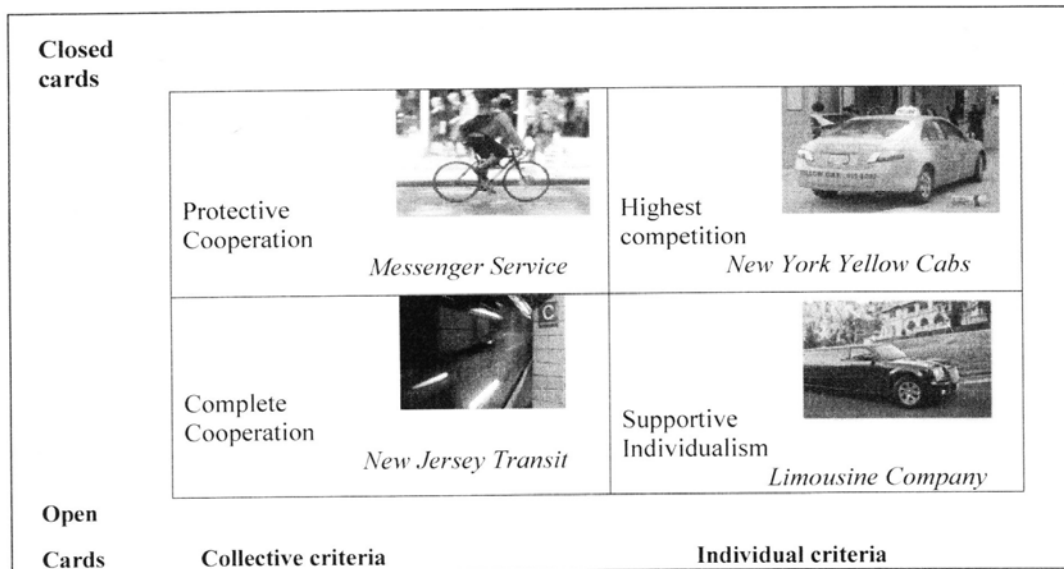


Fig.2. Different levels of business development of transportation systems.

Results of the game were recorded in reports comparing efficiency of each organizational model and the learning rate in different conditions. The players were teams of students of Stevens Institute of Technology. Experimen-

tation on scale from extreme competition to full cooperation is presented in Table 1:

Transportation system		<i>Team</i>	<i>Black Hat</i>	
		<i>Timer</i>	_____	
GAME REPORT		<i>Players</i>	_____	
Date __/__/__			_____	

Cycles	Runs	Missed moves	Time	Analysis
Closed cards, Competitive	1	2	12:00	Average
	2	3	7:04	459 sec
	3	4	5:35	Learning rate
	4	2	5:15	66%
Closed cards, Cooperative	Runs	Missed moves	Time	Analysis
	1	3	1:17	Average
	2	1	1:00	58 sec
	3		:39	Learning rate
	4		:55	87%
Open cards Competitive	Runs	Missed moves	Time	Analysis
	1	5	3:45	Average
	2	7	3:36	218 sec
	3	4	3:28	Learning rate
	4	3	2:41	85%
Open cards Cooperative	Runs	Missed moves	Time	Analysis
	1	2	1:09	Average
	2		1:11	62 sec
	3	6	1:40	Learning rate
	4		1:31	>100%

Table 1. Team results protocol for business game *TranSport*.

The analysis of this experiment shows that cooperation/competition factor significantly influences the average time and much less affects learning rates. The influence of the uncertainty level is opposite: less on averages and

more on learning rates. Cooperation drastically decreases average time. The increasing uncertainty facilitates learning progress. The most significant difference was observed between competitive and cooperative modes of the game in the total number of missed moves (30:12). It shows that players behave negatively mainly by preventing competitors from opportunity to move instead of constructive strategies of success.

References

1. Edery, D., Mollick, E. "Changing the Game. How Video Games are Transforming the Future of Business", Pearson Education Inc., 218 p., 2009.
2. McGonigal, J., "Reality is Broken", Penguin, 2011.
3. Bazil, L. "Business Games and System Management Simulations", 8th Annual Conference on Systems Engineering Research, Stevens Institute of Technology, Hoboken, NJ, 2013.
4. Bazil, L. "Business Games for Management and Economics: Learning by Playing", World Scientific Publishers, Singapore, 370 p., 2013.

УДК 338.266

Макареня Татьяна Анатольевна

д-р экон. наук, доцент, зав. кафедрой
инженерной экономики, ЮФУ;

Назаренко Галина Петровна

Старший преподаватель кафедры
экономической теории,
КФУ им. В.И. Вернадского

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПЛАНИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КРЫМА

г. Таганрог, институт управления в экономических, экологических и
социальных системах, ЮФУ, e-mail: mta-76@inbox.ru

г. Симферополь, Институт экономики и управления,
КФУ им. Вернадского, e-mail: lucka73@mail.ru

Аннотация: На основе анализа целевых приоритеты и основных мер по осуществлению Государственной программы развития промышленного комплекса Республики Крым с точки зрения системности планирования, рассмотрены причины недостаточной реализации данной программы, а так же высказан ряд замечаний по индикаторам и мерам осуществления Программы.

Ключевые слова: системность планирования, целевые индикаторы, промышленность Крыма, Государственная программа развития промышленности.

Makarenya Tatyana Anatolyevna

Doctor of economic sciences,
Department of Engineering Economics, SFU;

Nazarenko Galina Petrovna

Senior lecturer of the department
Economic theory,
KFU them. IN AND. Vernadsky

SYSTEM APPROACH IN PLANNING INDICATORS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INDUSTRY OF CRIMEA

Taganrog, Faculty of Management in Economic and
Social systems, SFedU, e-mail: tamakarenya@sfedu.ru
Simferopol, Institute of Economics and Management,
KFU them. Vernadsky, e-mail: lucka73@mail.ru

Abstract/ The article analyzes the targeted priorities and basic measures for the implementation of the State Program for the development of the Industrial Complex of the Republic of Crimea from the state of the systemic nature of planning, the reasons for the insufficient implementation of this program, and a number of observations on indicators and measures for implementing the Program.

Key words: systematic planning, target indicators, industry of Crimea, State program of industrial development

Системный подход в стратегическом планировании предусматривает, что общая система обладает свойствами, отсутствующими у ее отдельных частей, и если, проблемы решать отдельно для каждой части, то вероятный эффект для всей системы будет минимальным. Таким образом, используемые показатели и методы планирования должны обеспечить решение всего комплекса взаимообуславливающих проблем системы. Эта взаимозависимость элементов друг от друга определяет необходимость выработки единого направления развития всей системы в целом, ориентированного на достижение общих целей.

В настоящей Государственной программе развития промышленного комплекса Республики Крым на 2015 – 2017 гг/ [3] не создана единая комплексная методика планирования, учитывающая все аспекты, относящиеся к решению проблемы развития промышленности. Рассматриваются только отдельные проекты или отдельные мероприятия по ожидае-

мым количественным показателям, не учитывая при этом существующий опыт развития системы и взаимоувязанность показателей экономического развития.

При определении целей программы нет конкретного указания на то, какая именно задача направлена на решения какой цели, что делает последнюю нечеткой и размытой. И цель, и задачи сформулированы вне единой системности мероприятий, истекающей и обуславливающей друг друга.

Представленная Программа не обладает институциональной завершенностью, обеспечивающей минимизацию транзакционных издержек и оптимизацию механизма имплементации. Запланированные мероприятия прописаны без четкого указания механизмов отбора и административных инструментов, их обеспечивающих.

Принцип системности планирования предусматривает обязательный учет возможных особенностей развития системы, с целью дальнейшего использования преимуществ и страхования рисков. Принимая во внимание диспропорциональность, неравномерность распределения промышленного потенциала в Крыму, наряду с планированием развития приоритетных отраслей, крайне необходимым является планирование развития проблемных территорий, без чего формирование эффективной производственной инфраструктуры является маловероятным. К тому же, использование территориальных преимуществ разных зон, кооперации близких по функциональному назначению предприятий и использование их для создания производств полного цикла, могло способствовать бы созданию промышленных кластеров с присущими им экономическими эффектами.

При достаточной конкретизации источников финансирования Программы не указано, что главными условиями предоставления государственной помощи, налоговых преференций и субсидий должны стать эффективное использование научных разработок и коммерциализация инновационной деятельности в реальном секторе производств. Это позволит решить задачи, поставленные общегосударственной Программой развития промышленности [2]: создание инновационной модели развития промышленности и изыскания собственных резервов финансирования запланированных мероприятий. В продолжение вопроса изыскания собственных источников финансирования недостаточно внимания уделено мерам стимулирования привлечения реальных инвестиций. Возможно, формирование системы определенных коэффициентов значимости для экономики, «прозрачных» критериев отбора льгот, требуемых расчётных показателей эффективности и отдачи, смогли бы упростить процесс принятия решений об осуществлении инвестирования.

Целевые индикаторы осуществления мероприятий, на базе которых и должна осуществляться реализация программы, не являются таковыми по определению. Большинство приведённых величин (объем реализованной промышленной продукции; объем реализованной инновационной промышленной продукции; среднемесячная заработная плата работников промышленного комплекса и т.п.) являются показателями, содержащими лишь количественные величины, не учитывающие качество, характеризующее наиболее полное удовлетворение потребителя.

Результаты, по которым предусматривается оценивать результативность осуществления программы, в свою очередь, наоборот - оценены только качественно (достижение высокого качества технологического развития промышленности; повышение эффективности системы государственного управления промышленностью; снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду и т.п.). И это объяснимо, ведь количественных индикаторов для оценки не разработано.

Учитывая, что одной из составляющих устойчивого развития является экологическая безопасность, более детальной проработанности требует решение промышленно-экологических проблем, что является особо актуальным для промышленности Крыма, конфликтующей с экологическим и ресурсным потенциалом.

Системность планирования должна являться адаптивным процессом, т.е. предусматривать возможность периодического пересмотра системы мер по выполнению планов на основе перманентного контроля происходящих в системе изменений. На настоящий момент имеются официальные статистические сведения о выполнении Государственной программы развития промышленности республики Крым только за 2015 год и то, по незначительному кругу запланированных показателей. Естественно, что ни о какой объективности оценки и оперативности корректировки существующих планов речи не идет.

Особенность проведения преобразования промышленности Крыма заключаются в необходимости сочетания механизмов трансформации с глубоко продуманной социальной политикой, ибо специфика размещения производительных сил в Крыму основывается на градообразующем характере большинства крупнейших промышленных предприятий [3]/ К тому же, значительная часть реального сектора экономики Крыма работала на военно-промышленный комплекс и, соответственно, обладает значительными производственными мощностями, крупной научно-технической базой и качественным кадровым потенциалом. Соответствие принципу системности требует такого планирования развития промышленности, которое позволяло бы максимально задействовать этот стратегический ресурс.

Все вышеуказанное обуславливает необходимость использования принципов системного планирования при разработке взаимоувязанных и взаимообуславливающих друг друга критериев эффективности осуществления Программы развития крымской промышленности. Такие показатели смогут не только объективно отражать реальный уровень развития промышленного сектора, характеризовать деловую активность предприятий, использование научно-технического потенциала и обновление материальной базы, но и, отражая уровень адаптации к происходящим изменениям, формировать заинтересованность инвесторов и реальных производителей в последовательном эффективном развитии промышленности Крыма.

Список литературы

1. Государственная программа развития промышленного комплекса Республики Крым на 2015-2017 годы. Сайт: Министерство промышленной политики Республики Крым. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70643464/> (дата обращения: 27.01.2017).
2. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 328 "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности". Сайт: Гарант. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/70643464/> (дата обращения: 27.01.2017).
3. Черемисина С.Г., Симченко Н.А., Мабиала Ж. Экономическое развитие аграрного производства Крыма (Монография) / С.Г. Черемисина, Н.А. Симченко, Ж. Мабиала. – Симферополь: «Диайпи», 2016. – 291 с.

УДК 338.28.:303.09

Долятовский Валерий Анастасиевич,

д-р экон. наук, профессор,
профессор кафедры менеджмента, член МАНВШ

Долятовский Леонид Валерьевич,

канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента, профессор. РАЕ

Гамалей Яна Валерьевна,

д-р экон. наук, профессор,

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В ОРГАНИЗАЦИИ

¹Ростов-на-Дону, Ростовский государственный экономический
университет, dvaleri@inbox.ru

Аннотация. Рассмотрена структура и организация знаний в организации, необходимых для решения профессиональных задач опреде-

ленной предметной области, выделены системы понятий (объектов), необходимых для понимания сути задач, и элементы процедурных знаний, необходимых для получения результатов. Построена структура предметной области управления знаниями и показана роль рациональных моделей в разработке систем управления компаниями. Приведен пример применения методики проектирования системы управления знаниями для конкретного предприятия.

Ключевые слова: предметная область, система управления знаниями, технология применения моделей.

Valeriy A. Dolyatovskiy¹,

Dr.of Economics, Professor,

Leonid V. Dolyatovskiy¹,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,

Yana V. Gamaley¹,

Dr.of Economics, Professor

SYSTEM DESIGNING OF MANAGEMENT BY KNOWLEDGE IN THE ORGANIZATION

1 - Rostov-on-Don, Rostov state economic university,
dvaleri@inbox.ru

Abstract. The structure and the organisation of knowledge in the organisation, professional problems of a certain subject domain necessary for the decision is considered, systems of the concepts (objects) necessary for understanding of an essence of problems, and elements of the procedural knowledge necessary for reception of results are allocated. The structure of a subject domain of management is constructed by knowledge and the role of rational models in system engineering of management by the companies is shown. The example of application of a technique of designing of a control system by knowledge for the concrete enterprise is resulted.

Keywords: a subject domain, a control system of knowledge, technology of application of models.

Введение. В новой экономике знания стали не только самостоятельным фактором производства, но и главными факторами экономического развития. Это связано с тем, что именно они в виде информации как систематизированных данных возрастающими темпами изменяют вид современного мира. В настоящее время имеет место технологическая

гонка фирм-лидеров, которые выработали инновационный тип экономического роста с 4 ведущими факторами:

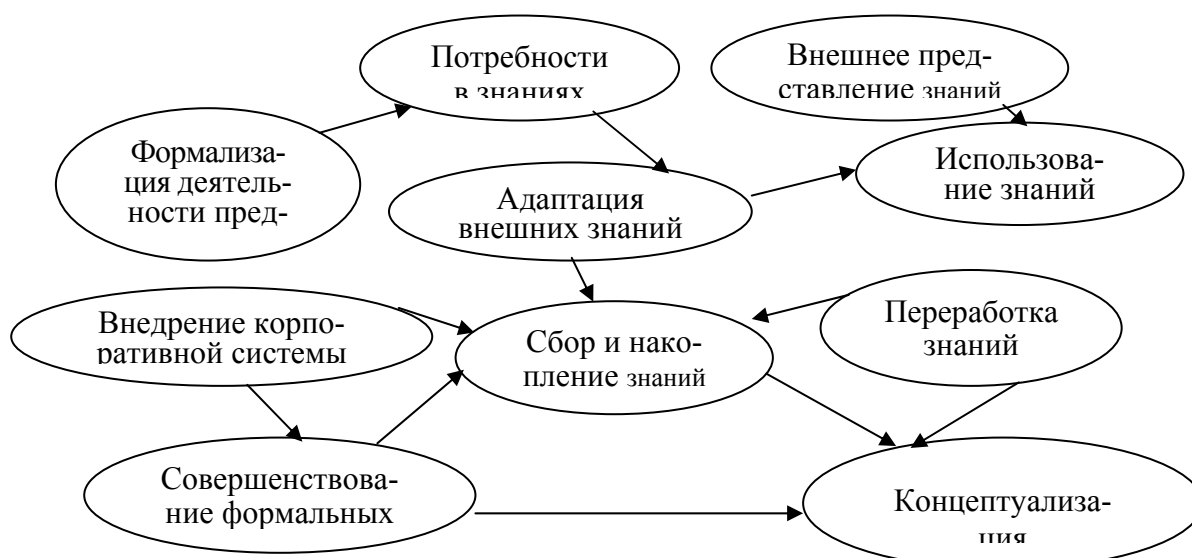
институты – инновации – инвестиции -- интеллектуальный капитал.

Рост наукоемкости производства определяет наука, занимая важное место в цикле жизни общества:

культура- наука- технология- производство- экономика,

а также играет определяющую роль в развитии. Профиль затрат в эти сферы характеризует профиль стратегии развития страны. При ограниченных ресурсах и высоком уровне технологии и производства реализуется промышленная инновационная стратегия страны, характеризующаяся большими вложениями в НИОКР. Фирма International Data Corporation оценивает затраты на консалтинг в области управления знаниями в 2015 году в размере \$5.9 миллиардов долларов (только в США). Решения вопросов управления знаниями концентрируются на обобщении лучшей практики и увязки ее с организационной стратегией, системой управления персоналом и распределения ресурсов [1,2]. Когда изменения внешней среды становятся качественными, необходимо обновление базиса организационных знаний [3,4], основанного на лучшей практике (динамичная и непрерывно эволюционирующая природа знания). Управление знаниями все более использует построение онтологий [5,6].

1.Системное управление знаниями. На системном уровне управление знаниями основано на диагностике потребности в знаниях первого типа (декларативных) и второго типа (процедурных) и разработке программ ликвидации рассогласования требуемых и имеющихся знаний организации (рис.1).



Рис/ 1/ Схема основных циклов процессов управления знаниями

На рис. 1 приведена упрощенная схема основных циклов процессов управления знаниями.

При этом структура знаний в области управления знаниями может быть представлена схемой (рис. 2).

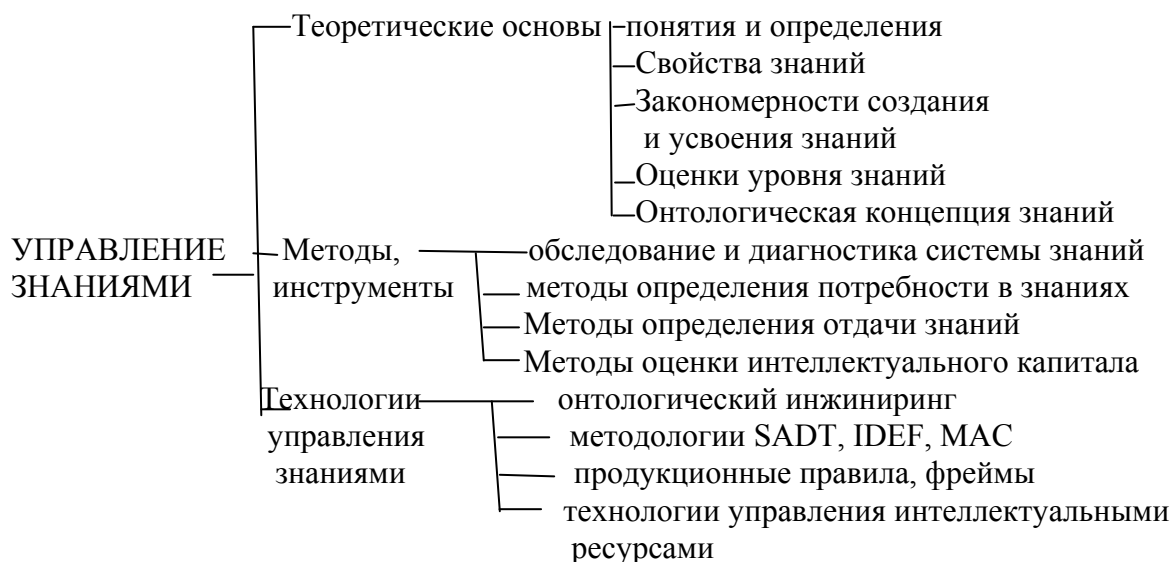


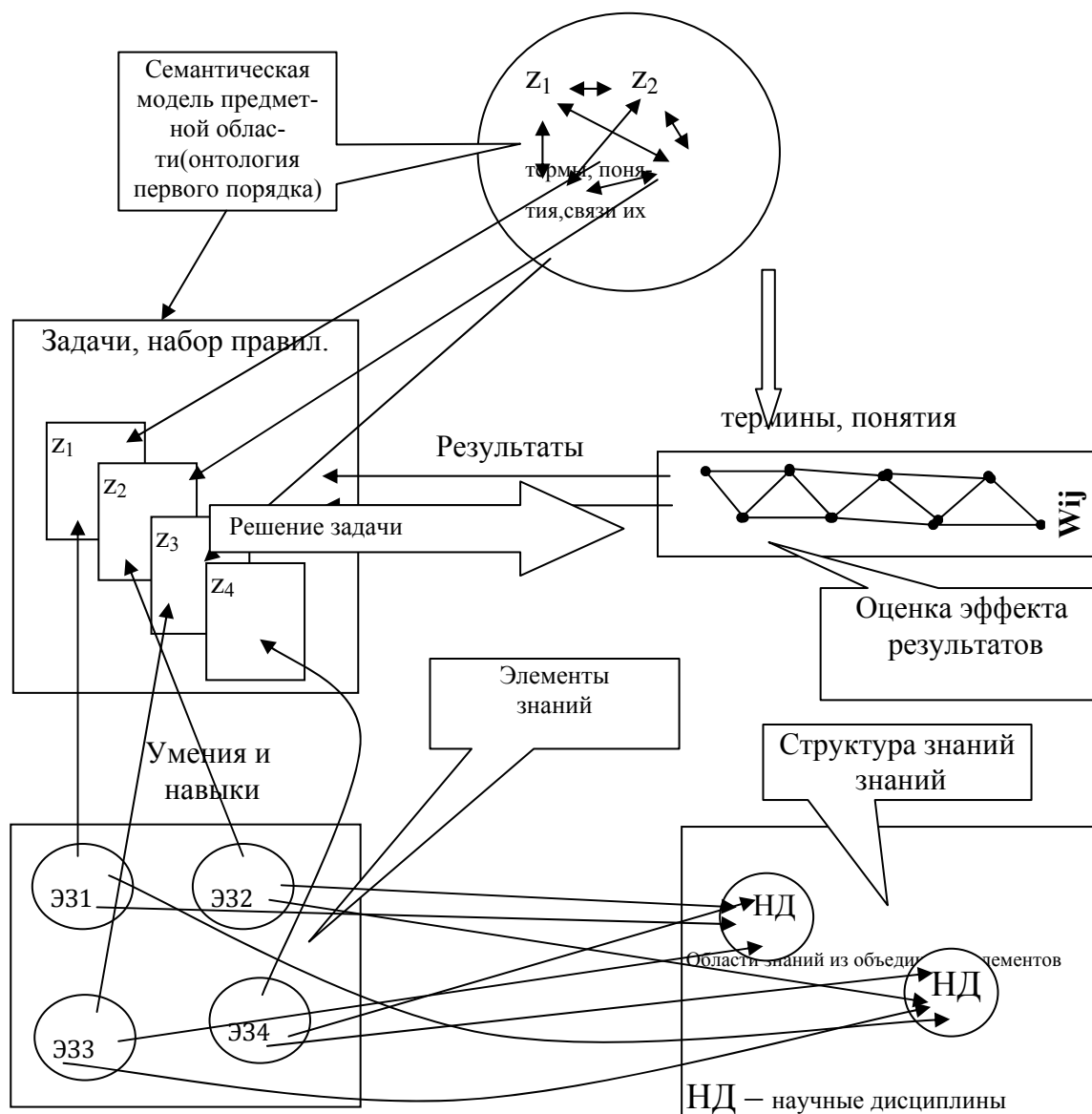
Рис. 2. Структура предметной области управления знаниями

2. Модель системы управленческих знаний. Управленческая деятельность является целенаправленной и состоит из решения множества управленческих задач $Z = \{Z_1, \dots, Z_n\}$, направленных на достижение частных целей предприятия. Под *управленческой задачей* Z_j будем понимать совокупность операций ω_{kj} , преобразующих определенные информационные входы $I_{вхkl}$ в результаты R_g в виде обработанной информации $I_{вхkj}$ или решения, направленные на достижение частной цели и основанные на определенных знаниях:

$$Z_i = \langle I_{вхkj}, \Omega, I_{выхr} \vee R_g, G_i, C_i \rangle \quad (1)$$

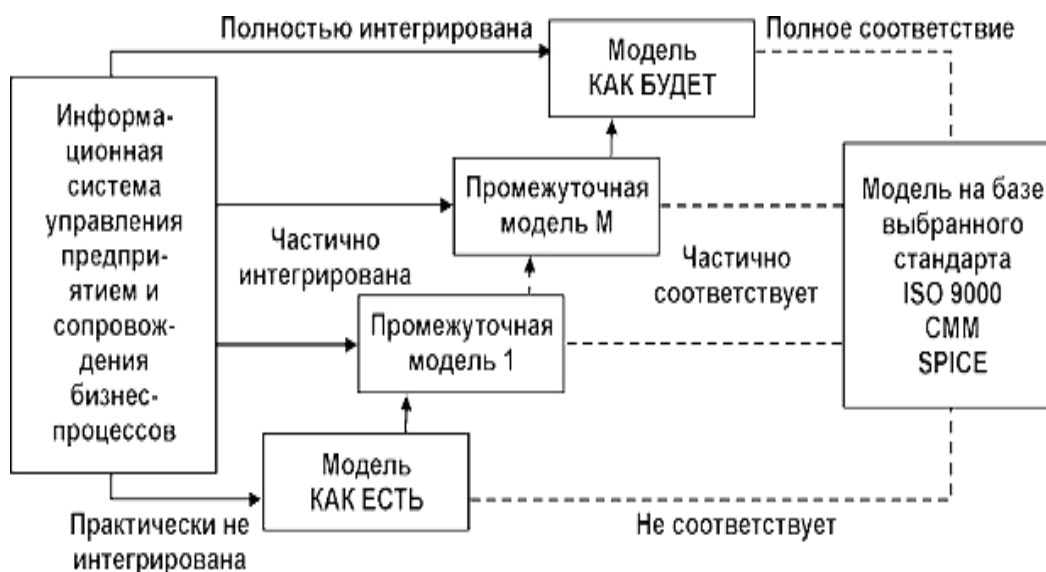
Деятельность D включает объединение процедур решения задач Z_i во времени и должна давать определенные результаты. Деятельность может носить *активный* и *пассивный* характер. Активная деятельность включает поиск необходимых исходных данных $I_{вхkj}$, знаний C_i для достижения цели G_i , корректировку самой цели. Активность присуща человеку, на раскрытие механизмов этой активности, направлена теория активных систем. Пассивная деятельность определяется реализацией предписанных алгоритмов Ω обработки данных $I_{вхkj}$ и получение заданных результатов (рис. 3).

$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ – задачи менеджера



Рис/ 3/ Модель деятельности менеджера

Для решения профессиональной задачи работник использует набор понятий и определяет методы или модели для выбора необходимых решений. Знания менеджера имеют двойственный характер- система понятий (термов) дает понимание задачи управления, найденные элементы знаний позволяют решить стоящую задачу. Эти две онтологии позволяют найти рациональное решение задачи управления через построение моделей преобразования: от модели «как есть» к модели «как будет» (рис.4).



Рис/ 4/ Развитие системы менеджмента предприятия на основе моделирования

В основе проектирования системы управления на основе знаний лежит комплексная онтология деятельности компании, включающая процессы формирования миссии, политики, стратегии, основных процессов деятельности и технологии управления (рис.5).



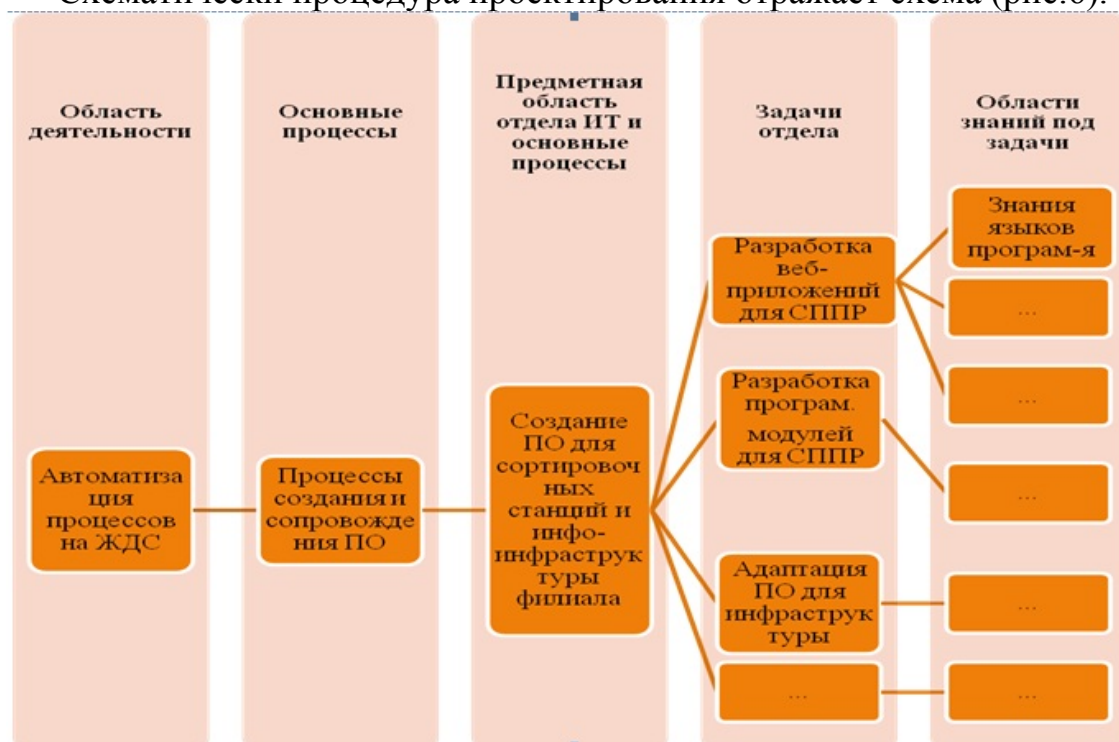
Рис. 5. Онтологическое представление деятельности компании

3. Применение разработанной концепции управления знаниями.

Апробация предлагаемой технологии управления знаниями проведена в разработке системы управления знаниями НИИ АП. Логика системного проектирования системы управления знаниями включает ряд этапов:

1. Определение. Анализ работ (задач) сектора НИИ
2. Определение используемых знаний;
3. Оценка уровня знаний сотрудников (анкетирование сотрудников);
4. Усреднение, общая оценка реального уровня знаний и определение ошибки;
5. Определение уровня знаний каждого сотрудника по отдельной области знаний;
6. Определение желаемого уровня знаний по областям знаний (анкетирование руководителей);
7. Выявление недостатков, их причины и оценка влияния причин на результат;
8. Декомпозиция задач с указанием используемых задач;
9. Разработка программы накопления знаний и обучения сотрудников.

Схематически процедура проектирования отражает схема (рис.6).



Рис/ 6 Логика управления знаниями в организации

Система диагностики и управления знаниями применена в организации работы разрабатывающего НИИ и показала повышение эффективности работы подразделений и НИИ в целом.

Список литературы

1. Букович А.У., Руфь У. Управление знаниями. Руководство к действию. – М.: ИНФРА-М, 2002.
2. Хорган Дж. Конец науки. Взгляд на ограниченность знания на закате Века Науки. – СПб.: Амфора, 2001.
3. Долятовский В.А., Гречко М.В., Долятовский Л.В., Мазаева Е.Е., Долятовская Т.И. Электронный обучающий комплекс «Управление знаниями». Свидетельство №18511 от 29.8.2012. М.: ИНИМ РАО-ОФЭРНИО.
4. Гейтс Б. «Бизнес со скоростью мысли» Книга. Москва : Эксмо-Пресс, 2001.
5. Мариничева М. «Управление знаниями на 100%. Путеводитель для практиков» Книга. Москва : Альпина Бизнес Букс, 2008.
6. Долятовский Л.В., Долятовский В.А., Сущенко С.А., Шефф А.А. Комплекс программ онтологического проектирования экономического управления предприятием. // Свидетельство №21763-от 12.04.2016-М.: ИУО РАО-ОФЭРНИО, 2016.

УДК 004.9

Zanna Bober¹,
Postgraduate student,
Mikhail B. Ignatyev²,
Doctor of Technical Science, Professor

SYSTEM ANALYSIS OF PROBLEMS OF THE FAMILY ON THE BASIS OF THE LINGUO-COMBINATORIAL SIMULATION

1 – MTÜ Evrika, Narva, Eesti,
zanna.bober@gmail.com

2 – Saint-Petersburg state University of Aerospace Instrumentation, Russia,
E-mail: ignaymb@mail.ru

Abstract. Discusses the family as the fundamental unit of society. Synthesized linguo-combinatorial family model that can be used for her research.

Keywords: family as a complex system, self-organization, adaptive capacity, linguo-combinatorial simulation.

1. The family is the basic cell of society, which ensures the reproduction of members of society. Only for a small number of real systems are mathe-

mathematical models. First of all, systems are described using natural language. We propose a method of transition from a description in natural language to mathematical equations. For example, suppose you have a phrase

$$\mathbf{WORD1 + WORD2 + WORD3.} \quad (1)$$

In this phrase, we label the words and only the implied meaning of words. The meaning structure of natural language is not indicated. It is proposed to introduce the concept of meaning in the following form:

$$(\mathbf{WORD1}) * (\mathbf{SENSE1}) + (\mathbf{WORD2}) * (\mathbf{SENSE2}) + (\mathbf{WORD3}) * (\mathbf{SENSE3}) = 0 \quad (2).$$

We denote AI as the words from English Appearance and meaning – as Ei from English Essence. Then the equation (2.2) can be represented as

$$\mathbf{A1 * E1 + A2 * E2 + A3 * E3 = 0.} \quad (3)$$

Equations (2) and (3) are models of the sentence (2.1). The formation of these equations, and equating them to zero is, the operation of polarization.

Linguo-combinatorial model is an algebraic ring (ring operator), we can solve equation (3) or with respect to AI, or with respect to Ei by introducing a third group of variables – the arbitrary coefficients of the Us [1]:

$$\begin{aligned} \mathbf{A1} &= \mathbf{U1 * E2 + U2 * E3} \\ \mathbf{A2} &= \mathbf{- U1 * E1 + U3 * E3} \quad (4) \\ \mathbf{A3} &= \mathbf{- U2 * E1 - U3 * E2} \text{ or} \\ \mathbf{E1} &= \mathbf{U1 * A2 + U2 * A3} \\ \mathbf{E2} &= \mathbf{- U1 * A1 + U3 * A3} \\ \mathbf{E3} &= \mathbf{- U2 * A1 - U3 * A2,} \end{aligned} \quad (5)$$

where U1, U2, U3 are arbitrary coefficients, which can be used to solve different tasks on manifold (3).

In General, if we have n variables and m manifolds, restrictions, then the number of arbitrary coefficients S will be equal to the number of combinations of n by m+1 that has been proven in [1], tab. 1:

$$\mathbf{S = C_{N}^{m+1} \quad n > m.} \quad (6)$$

The number of arbitrary coefficients is the measure of uncertainty, adaptability and hospitality.

Table 1.

n /m	1	2	3	4	5	6	7	8
2	1							
3	3	1						
4	6	4	1					
5	10	10	5	1				
6	15	20	15	6	1			
7	21	35	35	21	7	1		
8	28	56	70	56	28	8	1	
9	36	84	126	126	84	36	9	1

Table 1, which illustrates the formula (6) is shifted Pascal's triangle. The table clearly shows an emergent property of complex systems – the number of arbitrary coefficients for number of variables equal to six or more, first increases, reaches a maximum and then begins to decrease, which determines the possibility of development of systems and their self-reproduction, and this matrix can be called matrix of hospitality[1, 4].

2. Modeling of the family and its environment

It is important to consider linguo-combinatorial simulation of socio-economic systems. As an example, consider the problem of modeling family and her environment. If the keywords to take family structure "population"; the aspiration of the family -"passion"; a place that is a family "territory"; as a family earns a living that it produces – goods, services - "manufacturing"; "ecology and safety" family; "Finance" family, savings, property, and earnings; "external relations" of the family, in accordance with the above method, the equation of the family will

$$A1 \cdot E1 + A2 \cdot E2 + \dots + A7 \cdot E7 = 0 \quad (7)$$

The equivalent equations will be

$$\begin{aligned}
 E1 &= U1 \cdot A2 + U2 \cdot A3 + U3 \cdot A4 + U4 \cdot A5 + U5 \cdot A6 + U6 \cdot A7 \\
 E2 &= - U1 \cdot A1 + U7 \cdot A3 + U8 \cdot A4 + U9 \cdot A5 + U10 \cdot A6 + U11 \cdot A7 \\
 E3 &= - U2 \cdot A1 - U7 \cdot A2 + U12 \cdot A4 + U13 \cdot A5 + U14 \cdot A6 + U15 \cdot A7 \\
 E4 &= - U3 \cdot A1 - U8 \cdot A2 - U12 \cdot A3 + U16 \cdot A5 + U17 \cdot A6 + U18 \cdot A7 \quad (8) \\
 E5 &= - U4 \cdot A1 - U9 \cdot A2 - U13 \cdot A3 - U16 \cdot A4 + U19 \cdot A6 + U20 \cdot A7 \\
 E6 &= - U5 \cdot A1 - U10 \cdot A2 - U14 \cdot A3 - U17 \cdot A4 - U19 \cdot A5 + U21 \cdot A7 \\
 E7 &= - U6 \cdot A1 - U11 \cdot A2 - U15 \cdot A3 - U18 \cdot A4 - U20 \cdot A5 - U21 \cdot A6
 \end{aligned}$$

where A1 is a characteristic of the family structure of the population, which includes health characteristics, education, employment; E1 – change of this characteristic, A2 – characteristic of passionarity, of the aspirations of family members, the public, people have the freedom of choice when making decisions, and this choice is important, which is evaluated by sociological analy-

sis; E2 – change of this characteristic, A3 – characteristic of territory of the family, including ground and underground buildings, this unit can be geographic information system, E3 – variation of this characteristics; A4 – characteristic of what can be a good family to the outside world, what products m services it can offer, how would the productive capacity of the family, including the assessment of different types of activities – scientific, industrial, transport, trade, etc.; E4 – change this characteristic; A5 – characteristic of ecology and safety of the family; E5 – variation of this characteristics; A6 – characteristic of the family Finance financial savings , earnings and property; E6 – variation of this characteristics; A7 – characteristic of external relations family, including the assessment of the incoming and outgoing flows of people, energy, materials, information, finances, E7 – variation of this characteristics, U1, U2,...,U21, arbitrary coefficients, which can be used for managing and solving various tasks on the manifold (7).

This model (Fig.2.8) is used in systems for decision support by the city authorities [1] and can be used to analyze decision-making in the family.

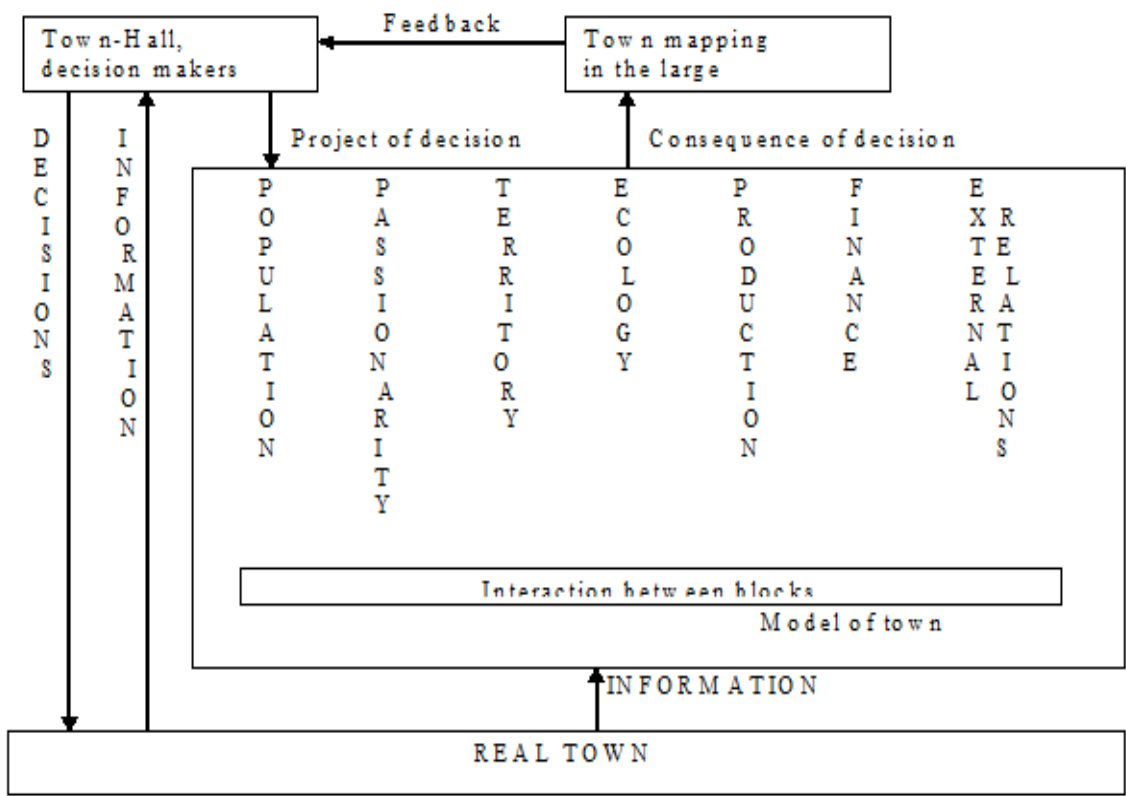


Fig.1. City modelling to support management decisions.

The number of blocks in the linguo-combinatorial models may be different. From the point of view of accuracy of modeling the more blocks used , the better, but it deteriorates the visibility of the model, its perception by decision-makers. For example, if the population is divided into three blocks –

"children and adolescents", "adults" and "seniors", the number of variables will increase to nine, the equation of the family will contain nine variables

$$A1 \cdot E1 + A2 \cdot E2 + \dots + A9 \cdot E9 = 0. \quad (9)$$

In the simulation of the city it is important to consider the entire hierarchy of systems, of which this city is composed. The main cell of the city family, for the simulation which can also be used 7-block model, this will change the contents of individual blocks. Every family has its own household, the minimum family size was one person, but the family has all seven attributes. Similarly, it is possible to consider other family enterprises – family, teip, domain. The 7-block model can be used in modeling the various enterprises in which people work, the structure blocks for each of the types of businesses will be different. The uniformity of the model, which is the basis of modeling and family, and businesses and neighborhoods and the city as a whole makes it easier to make analysis and synthesis of such a complex system as a city.

The materials of the statistical office of the cities and regions and countries generally have almost all of the data required to run the model. Other data – to evaluate the drive as can be gleaned from opinion polls. The development of computing technique allows to put the issue of mandatory preliminary modeling of the consequences from decisions that will allow to avoid many wrong decisions.

Since ancient times evolved ways of managing the collective work, and communities of people. They are based on the regulation of relations between people (the rules of ethics, morals, commandments, laws, religion, later secular rules and regulations) and build a hierarchical control system using the administrative apparatus.

But as an individual and a group of people is a self-organizing system and various control methods various methods of internal and external control of self-organizing system. At the level of the individual and social groups there is goal setting, goal formation. The system's ability to self-organization depends on the ability of goal-setting that different people are different. There are conformists that are willing to do what others are doing and are even willing to obey the order of others, especially if these goals are developed by the team. Are personality with great independent thinking and resistance to impose their opinions. Depending on the type of person, mentality of the people can strive to formulate goals alone, either to develop goals collectively, which is typical for Russia, the Russian people have developed the desire for unity, to collective decision-making at all gatherings of villagers at meetings of labor staff.

Method of management based on participation in the goal formation of the active elements (human, enterprise, region, etc.) is promising despite its complexity. Not all people are able to the purpose, and strive to participate in

formulating objectives. Some researchers claim that the active personalities in the countries of about 10%, and most are willing to accomplish goals set by the management.

There are the following levels] in relation to people – 1. material, determined by innate needs and programs person (self-preservation, to provide food, a minimum of clothing), - 2 emotional (the available entertainment, aesthetic perception of the world, the manifestation and realization of feelings of love, hatred, etc.), 3. family public (implementation of the program of procreation, the creation of conditions for raising offspring), - 4. socially defined rules of community legislation, ethical norms, traditions, etc, - 5. intellectual, which is characterized by a system of values, focused on the development of creative abilities of the individual (an example is the atmosphere of the Akademgorodok in the initial period of their development). In connection with the development of information technology and virtual worlds begin to stand out two levels – the level of satisfaction of minimum needs of life in the real world and the level of satisfaction of the maximum needs in a virtual world where people can realize their various fantasies. The implementation of these levels will mitigate the oppression of social inequality.

3. Modeling the family structure and interaction among its members

From the point of view of psychology[2] it is interesting to introduce in the model all household members individually to analysis of the functioning of the family. We consider the family consisting of the following members – father (the characteristic A1 and the change of this characteristics – E1), the mother (the characteristic A2 and the change of this characteristic E2); the eldest son (his

feature A3, the change of this characteristic E3); daughter (her feature A4, the change of this characteristic E4); the younger son (his characterization of A5, the change of this characteristics E5); grandfather (his characterization of the A6, the change of this characteristic E6); grandmother (her feature A7, changing the characteristics of E7). In this interpretation, the family will be described by equations (8) and (9). Changes in the composition of the family in the direction of reducing the structure of the equations will change accordingly. For example, if there is no father that is set by assigning arbitrary coefficients $U1 = U2 = U3 = U4 = U5 = U6 = 0$, the structure equations are transformed to the following form

$$\begin{aligned} E2 &= U7*A3 + U8*A4 + U9*A5 + U10*A6 + U11*A7 \\ E3 &= -U7*A2 + U12*A4 + U13*A5 + U14*A6 + U15*A7 \\ E4 &= -U8*A2 - U12*A3 + U16*A5 + U17*A6 + U18*A7 \quad (10) \\ E5 &= -U9*A2 - U13*A3 - U16*A4 + U19*A6 + U20*A7 \\ E6 &= -U10*A2 - U14*A3 - U17*A4 - U19*A5 + U21*A7 \\ E7 &= -U11*A2 - U15*A3 - U18*A4 - U20*A5 - U21*A6. \end{aligned}$$

In this case the adaptive capacity of the family without a father decreased from 21 arbitrary coefficients to 15 arbitrary coefficients, but it is necessary to consider the characteristics of other family members, for example, could happen mobilization, growth characteristics A2, A3, A4, A5, A6, A7, and could occur and degradation – it all depends on family and environment... that was then, and the necessary psychological assistance [2].

There is another approach – using virtual reality systems to build a visual three-dimensional interactive model of the family and its environment [1, 3, 5], which play various instructive situation, clear, specific family members, with the participation of a psychologist [2].

4. So the report discussed some aspects of linguistic combinational modeling for the study of families, which opens up new possibilities for its investigation.

References

1. M. B. Ignatyev "Cybernetic picture of the world. Complex cyberphysical systems" ed. SUAI, St. Petersburg, 2014. 472 p.
2. Zanna Boberr "Family development as an area of marginal manifestations of environments. Perekonna areng kui ümbritsevate keskkondade marginaalsete nähtuste valdkond" / Actual problems of Economics and management, No. 4, 2017.
3. M. B. Ignatyev, A. V. Nikitin and others, "Architecture of virtual worlds" 2nd ed. SUAI, St. Petersburg, 2009. 328 p.
4. I. Aristarkhova "Hospitality of the matrix. Philosophy, Biomedicine, and culture", St. Petersburg, Ed. Ivan Limbach, 2017. - 368p.
5. M. B. Ignatyev "Just Cybernetics," ed. Strata, 2016, - 248 p.

УДК 303.732

Волкова Виолетта Николаевна,
д-р экон. наук, профессор

ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ, СИНЕРГИЯ ИЛИ КОНВЕРГЕНЦИЯ?

Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
violetta_volkova@list.ru

Аннотация. В статье обсуждается проблема становления понятийного аппарата междисциплинарных направлений, объединяющих новые информационные технологии.

Ключевые слова: категориальный аппарат, конвергенция, синергетика, синергия, эмерджентность.

EMEERGENCY, SYNERGY OR CONVERGENCE?

Peter the Grea St. Petersburg Polytechnic University t,
St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29
violetta_volkova@list.ru

Abstract. The article discusses the problem of the formation of the conceptual apparatus of interdisciplinary directions that unite new information technologies.

Keywords: Categorical apparatus, convergence, synergetics, synergy, emergence.

Введение.

В последнее время в связи с бурным развитием технологий появляются новые термины, которые инициируют возникновение новых научных направлений.

В статье обсуждается становление некоторых значимых понятий для возникающей области знаний, связанной с объединением параллельно развивающихся технологий и появлением на этой основе принципиально новых возможностей для объяснения и исследования результатов объединения технологий.

1. Эмерджентность.

Термин «эмерджентность» использован для названия одной из первых закономерностей теории открытых систем Л. фон Берталанфи.

Теория открытых систем была предложена Л. фон Берталанфи для того, чтобы *«объяснить основные особенности живых организмов, которые приводили в замешательство физиков, биологов и философов, казались нарушением законов физики и объяснялись только действием виталистических факторов, находящихся вне компетенции науки и научного объяснения»* [2, с. 43].

Основной идеей общей теории систем, предложенной Берталанфи, является *организмический* подход к биологическим и социальным объектам и явлениям, в соответствии с которым исследование частей таких объектов не дает возможность понять свойства целого (в последующем эта закономерность названа закономерностью эмерджентности или целостности) и введение понятия *«открытые системы»* – системы, постоянно обменивающиеся веществом, энергией и информацией с внешней средой.

До Берталанфи организм рассматривался как система, преимущественно реагирующая на внешние стимулы, которые вызывают реакции, сохраняющие состояние системы, а Берталанфи в своей концепции рассматривает в качестве основы развития не только внешние стимулы, но и внутреннюю активность, рассматривает понятие организма как спонтанно активной системы: «... даже при постоянных внешних условиях и при отсутствии внешних стимулов организм представляет собой не пассивную, а существенно активную систему. Об этом свидетельствуют, в частности, функции нервной системы и поведение. Внутренняя активность, а не реакции на стимулы лежит в основе этих процессов». Тогда «... *vis medicatrix naturae* предков освобождается от ее метафизических свойств, это больше не некая виталистическая сила, а выражение динамики живых систем, поддерживающей и восстанавливающей, насколько это возможно, их состояние подвижного равновесия» [2, с. 42].

Таким образом, Л. фон Берталанфи фактически открыл новую закономерность, противодействующую классическому второму закону термодинамики, которая проявляется на всех уровнях развития материи, но особенно становится важной для введенного им понятия «открытая система», которое является важным классом прикладной теории систем.

Эта закономерность тесно связана с принципиальным отличием открытых систем от закрытых по Берталанфи, которое состоит в том, что при соответствующих условиях в открытых системах «возможен ввод негэнтропии. Поэтому подобные системы могут сохранять свой высокий уровень и даже развиваться в сторону увеличения порядка и сложности, что действительно является одной из наиболее важных особенностей жизненных процессов» (см. Bertalanffy L. von. General System Theory // “General System”, vol. 1. 1956. p. 1–10) [2, с. 42].

Именно благодаря этой закономерности возникает эффект появления новых свойств системы, которых не было и не могло быть у ее элементов до того, как они объединились в систему.

Эту закономерность, которую Л. фон Берталанфи назвал *эмерджентностью*, в отечественной литературе вначале переводили с использованием термина «целостность» [1 – 3, 6, 13].

Закономерность *целостности* (*эмерджентность*) приводит к появлению (*emerge* – появляться) у системы новых свойств, которых не было у ее элементов. При этом [6]:

1) свойства системы (целого) Q_s не является простой суммой свойств составляющих ее элементов (частей) q_i : $Q_s \neq \sum_{i=1}^n q_i$;

2) свойства системы (целого) зависят от свойств составляющих ее элементов (частей): $Q_s = f(q_i)$;

3) объединенные в систему элементы утрачивают часть своих свойств, присущих им вне системы, т. е. система как бы подавляет ряд свойств элементов; но, с другой стороны, элементы, попав в систему, могут приобрести новые свойства. Если $ai \in S \Rightarrow qi \downarrow$ и $q' \uparrow$.

Противостоит закономерности целостности закономерность **аддитивности** или **суммативности**, которая характеризует распад системы на части.

Эта закономерность является основой и *закономерности иерархичности* или *иерархической упорядоченности*, которая приводит к усилению процесса появления новых, в том числе непредсказуемых и неконтролируемых свойств любой системы, общества. Закономерности иерархичности была в числе первых закономерностей теории систем, которые исследовал Л. фон. Берталанфи, который считал, что «...живые системы можно определить как иерархически организованные открытые системы, сохраняющие себя или развивающиеся в направлении достижения состояния подвижного равновесия» [2, с. 41].

Проблемы, аналогичные закономерности эмерджентности, проявляются на каждом уровне иерархической структуры. При исследовании *закономерности иерархичности* В. А. Энгельгардт [26]. На примерах биологических организаций он показал, что более высокий иерархический уровень оказывает направляющее воздействие на нижележащий уровень, подчиненный ему, и это воздействие проявляется в том, что подчиненные члены иерархии приобретают новые свойства, отсутствовавшие у них в изолированном состоянии (подтверждение положения о влиянии целого на элементы, приведенного выше), а в результате появления этих свойств формируется новый, другой «облик целого» (влияние свойств элементов на целое). Возникшее таким образом новое целое приобретает способность осуществлять новые функции, в чем и состоит цель образования иерархий.

На основе информационного подхода А. А. Денисов ввел сравнительные количественные оценки структур [6, 11, 23] с точки зрения степени целостности

$$\alpha = -C_b/C_o \quad (1)$$

и коэффициента использования свойств элементов в целом

$$\beta = C_c/C_o, \quad (2)$$

где C – оценка информационной сложности системы.

$$C = J \cap H, \quad (3)$$

где J – информация восприятия; H – информационная сущность (потенциал).

При этом J и H , могут измеряться детерминировано: и с использованием вероятностных характеристик:

$$J_i = A_i / \Delta A_i, \text{ или } J_i = -\log p_i \quad (4)$$

$$H_i = \sqrt[\gamma]{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n J_i^\gamma} \text{ или } H_u = -\sum_{i=1}^n q_i \log(1 - p_i'), \quad (5)$$

где A_i – общее количество каких-либо знаков, воспринимаемых измерительными приборами или иной информацией, воспринимаемой органами чувств лица, принимающего решения (ЛПР), ΔA_i – «квант», с точностью до которого ЛПР интересуется воспринимаемая информация, (или разрешающая способность прибора); γ – параметр усреднения; p_i – вероятность появления и восприятия информации; p_i' – степень несоответствия, q_i – вероятность реализации оцениваемой компоненты.

Важным результатом теории А.А. Денисова является также соотношение

$$C_c = C_o + C_b, \quad (6)$$

где C_c , C_o , C_b – системная, собственная и взаимная сложности системы.

С учетом этого соотношения имеет получен следующий результат:

$$\alpha + \beta = 1. \quad (7)$$

Таким образом, исследования А. А. Денисова показали, что любая развивающаяся система находится между состоянием абсолютной целостности и абсолютной свободы элементов. Целостность обеспечивает устойчивость стабильность. Увеличение целостности системы должно повышать эффективность существования и развития социальной системы. Однако исследования процессов взаимодействия части и целого в системе показали, что эффективность функционирования системы вначале при возрастании степени регулирования (степени целостности) увеличивается, а при чрезмерном регулировании начинает снижаться, поскольку подавляются инициативы (негэнтропийные тенденции), способствующие развитию системы, а это отрицательно влияет на рост эффективности системы, снижает безопасность ее функционирования, и в последующем может привести систему к гибели.

А. А. Денисов использовал результаты своих исследований в политической деятельности в период избрания народным депутатом СССР. Написал несколько публицистических статей, разъясняющих смысл соотношение (7), – «Между двумя полюсами», «Между диктатурой и анархией» и др., изданных в последующем в книге [12, с. 277-280, с. 329-332].

В процессе исследований А. А. Денисова получено также 3-е дополнение к исходному представлению о закономерности целостности – утрата свойств элементами при включении их в систему, из чего следует неизбежность сопротивления активных элементов.

Закономерность эмерджентности проявляется и в сети интернет. Может показаться, что в информационной сети можно все и сама сеть

являет собой воплощение анархии и больших преимуществ в поиске информации. Однако в последующем стало ясно, что в результате увеличения связности проявляются негативные процессы, ограничивающий свободу компонентов сети, и возникает понятие информационного насилия в компьютерных сетях. А это в соответствии с рассмотренными выше исследованиями А. А. Денисова и Л. фон Берталанфи может приводить к негативным последствиям, разрушающим системы информационной безопасности, – хакерство, вирусы, вбрасывание ложной информации и т.п. [9, 10]. Возникновение киберпространства открывает новый этап социальной эволюции [24].

2. Синергетика и синергетический эффект

Термин «синергетика» (от греч. *synergetikos*) – совместный, согласованно действующий. Термин ввел немецкий физик Г. Хакен [25] при исследовании механизмов кооперативных процессов в лазере. Однако еще раньше, в 1960-е годы. И. Пригожин [17, 18] пришел к идеям синергетики (хотя вначале этот термин не использовал) из анализа химических реакций. Теоретической основой его моделей является нелинейная термодинамика. Для прикладной теории систем значимым является понятие синергетического эффекта, синергизма как варианта закономерности эмерджентности.

Синергетика – научное направление, занимающееся исследованием общих закономерностей в процессах самоорганизации, образования, устойчивости и разрушения упорядоченных временных и пространственных структур в сложных неравновесных системах различной физической природы (физических, химических, биологических, социальных).

В результате дальнейших исследований в области нелинейной термодинамики, квантовой механики, статистической физики, теории автоколебаний и других направлений современной физики, занимающихся разработкой формальных моделей для исследования нелинейных термодинамических процессов, был введен ряд понятий: *динамический хаос*, *устойчивость неравновесных систем*, *аттрактор* – особое состояние равновесия, возникающее в динамических системах на уровне появления неустойчивостей и точек бифуркации.

Эти термины, для более глубокого понимания которых полезно ознакомиться с конкретными исследованиями, проводимыми в названных областях физики, пытаются в расширенном смысле применять и при исследовании социально-экономических систем, что иногда приводит к полезным результатам, способствующим развитию теории устойчивости принципиально неравновесных систем.

В последнее время появились исследования, в которых синергетику трактуют как теорию самоорганизации. При этом рассматривают различные направления синергетики: самоорганизация за счет кооператив-

ных процессов (синергетика в первоначальной трактовке Г. Хакена) и самоорганизация, основанная на концепции эволюционного катализа, предложенной А. П. Руденко [19].

В соответствии с последней главным условием самоорганизации принимается не кооперативное поведение (по Хакену) и не диссипация (по Пригожину), а полезная работа против равновесия, а движущей силой – часть свободной энергии обменного процесса E , используемая на внутреннюю полезную работу Θ при максимальном рассеянии свободной энергии обменного процесса $E = \Theta + Q$ (где Q – рассеиваемая энергия). При этом показано, что самоорганизация прямо зависит от потока Θ , используемого на внутреннюю полезную работу против равновесия и являющегося его мерой. Степень самоорганизации определяется коэффициентом полезного использования энергии, освобождаемой в обменном процессе $r = \Theta / E$, который повышается.

На основе различий подходов к объяснению самоорганизации Руденко предлагает считать, что существует самоорганизация двух типов: *континуальная* самоорганизация *индивидуальных* микросистем и *когерентная* самоорганизация *коллективных* систем. При этом в первом случае развитие возможно не только за счет кооперативного взаимодействия однородных компонент, но и за счет кинетического континуума компонент с системно-динамическими связями между ними. В результате становится возможным объяснить самоорганизацию не только для кооперативных систем, но и для индивидуумов.

Развиваемое направление Руденко предлагает назвать более точно *синкретикой* (от греч. *Synkretismos* – слитное, нерасчлененное соединение разнородного).

В ряде экономических исследований термин «синергетика» понимают также в смысле понятия синергии, введенного английским физиологом **Ч. С. Шеррингтоном** (1859–1952) в ходе исследования мышечных систем и управления их согласованными действиями (синергизм) со стороны спинного мозга¹. В соответствии с такой трактовкой синергетической называют «... *связь, которая при кооперативных (совместных) действиях независимых элементов системы обеспечивает увеличение их общего эффекта до величины большей, чем сумма эффектов этих же элементов, действующих независимо*» [22, с. 248]. В такой трактовке синергизм аналогичен понятию *эмерджентности*. В то же время

3. НБИК-конвергенция

На определенном этапе развития взаимовлияние информационных технологий, биотехнологий, нанотехнологий и когнитивной науки оформилось в направление НБИК-технологии (нано-, био-, инфо-, когно-

¹ Ч.Шеррингтон в 1932 г. был удостоен Нобелевской премии.

технологии), и возникло понятие НБИК-конвергенция (NBIC-конвергенция).

Нанотехнологии (*nanotechnology*) возникли на основе изучения закономерностей физических и химических систем протяженностью порядка нескольких нанометров или долей нанометра и позволили получить материалы с уникальными физико-химическими свойствами.

Появление таких материалов произвело революцию в области информационных и коммуникационных технологий и последовавшую за ней биотехнологическую революцию. Одновременно происходило развитие когнитивной науки.

Во многих материалах, размещенных в интернет, имеется информация о том, что термин NBIC-конвергенции введен в 2002 г. Михаилом Роко [19] и Уильямом Бейнбриджем, авторами отчета «Конвергирующие технологии для улучшения природы человека» («*Converging Technologies for Improving Human Performance*» [27]), подготовленного во Всемирном центре оценки технологий (WTEC). Отчет посвящен раскрытию особенности NBIC-конвергенции, ее значению в общем ходе развития мировой цивилизации, расширении человеческих возможностей с помощью таких областей, как генная терапия, продление жизни, социальные технологии, нейрофизиология, биоинформатика, искусственный интеллект и принципиально новые производственные процессы, а также эволюционному и культурообразующему значению NBIC-конвергенции.

В то же время в математике термин «конвергенция» означает только сближение (от лат. *convergo* – сближаю), или схождение. И. хотя в настоящее время пытаются этот термин трактовать расширенно, появляются другие названия. Например, «синергия НБИК-технологий» [21]. В зарубежных работах нередко используется термин «эмерджентные технологии» (*emerging technologies*, от *emerge* – появляться) [27], означающий появление новых свойств в результате объединения технологий.

Такая же точка зрения представлена и в Википедии [28].

Термин *emerging technology* подразумевает, что от их использования ожидаются новые результаты в науке, изменение уровня технологического и социального развития производства, общества, развитие научно-технического прогресса.

Взаимодействие технологий является многосторонним и носит фундаментальный характер. Нанотехнологии позволили создать новые материалы, способствующие получению новых результатов в биологии и медицине. Биотехнологии, в свою очередь, дают инструментарий и теоретическую основу для нанотехнологий, когнитивной науки, и даже – для развития компьютерных технологий.

Взаимодействие между нанотехнологиями и информационными технологиями также носит взаимоусиливающий характер. С одной сто-

роны, информационные технологии используются для компьютерного моделирования наноустройств. С другой стороны, по мере развития нанотехнологий прогнозируют создание более совершенных вычислительных устройств. В свою очередь, это облегчит моделирование нанотехнологических устройств, обеспечивая ускоренный рост нанотехнологий. Подобное эмерджентное взаимодействие может обеспечить относительно быстрое (всего за 20—30 лет) развитие нанотехнологий до уровня молекулярного производства.

Технологии, которые в данный период развития считаются новыми, охватывают практически все сферы науки и производства – от технических и технологических (элементная база, способы организации хранения информации, облачные технологии и т. п.) до технологий обработки и преобразования информации (модели искусственного интеллекта, когнитивной науки), создания продуктов живой природы и аналогов органов живых организмов (3D-печать, робототехнические системы, искусственные органы и др. результаты биотехнологических и генноинженерных исследований) и т. п.

Общим для этих видов технологий является комплексное использование технологий.

К названным технологиям в последнее время добавляется еще и сфера социального – НБИКС-технологии.

Возникла концепция киберфизических систем (*Cyber-Physical System* – CPS), основанная на интеграции *вычислительных ресурсов* и *физических процессов* (в расширенном их понимании, включая биологические, химические и др. процессы, происходящие в живых организмах) с целью достижения эмерджентности, появления принципиально новых возможностей у создаваемых CPS.

При этом развитие разных направлений, и в частности, теорий искусственного интеллекта и когнитивного моделирования опирается на некоторые общие теоретические положения и технологии, которые в свою очередь взаимно влияют друг на друга, и при этом границы между отдельными технологиями стираются, а новые результаты возникают на стыке областей.

Заключение.

Таким образом, анализ современной терминологии, возникающей в результате развития научных исследований и технологий, показывает, что в отечественных публикациях для названия новых комплексных технологий принят термин «конвергенция» (от лат. *convergo* – сближаю) или «синергия» НБИК-технологий (например, [21, 27]. В зарубежных –

«Emerging technologies» [28] (от *emerge* – появляться), т. е. появление новых свойств в результате объединения технологий.

Принимая во внимание взаимосвязи и междисциплинарный характер современной науки, можно ожидать в перспективе слияния исследований НБИК-технологий, CPS, интеллектуальных технологий, технологий извлечения знаний, СППР, нейронных сетей, экспертных систем и т. п. технологий, объединяющих формальные методы и опыт человека, в единую научно-технологическую область знания, которая по своим возможным последствиям станет не только основой дальнейшего научно-технического прогресса, но и важнейшим фактором для развития трансгуманистических преобразований эволюции человека.

С учетом того, что новые, нередко кажущиеся фантастическими, возможности, получаемые в результате объединения технологий, еще недостаточно исследованы, в том числе в плане понимания последствий создания и широкого внедрения таких технологий, для их исследования и реализация требуются специалисты, обладающие чрезвычайно широким диапазоном знаний, владеющих методами теории систем, кибернетики, синргетики и других междисциплинарных научных направлений.

Теории систем создавалась для объяснения появления эмерджентных свойств системы на основе теоретических исследований [5, 7, 16 и др.], а концепции НБИК-конвергенции и CPS возникли на основе развития технологий. Поэтому с учетом того, что основной особенностью НБИКС-технологий, интеллектуальных, интернет-технологий, CPS и т. п. технологий является комплексное использование технологий для получения принципиально новых свойств, нового качества, представляется более перспективным использовать для названия таких технологий термин «**эмерджентные технологии**» [14, 15].

Список литературы

1. Афанасьев В. Г. Проблема целостности в философии и биологии. – М.: Мысль, 1964. – 416 с.
2. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23–82.
3. Берталанфи Л. фон. История и статус общей теории систем // Системные исследования: Ежегодник, 1972. – М.: Наука, 1973. – С. 20–37.
4. Bertalanffy L. von. Problem of Life. An Evolution of Modern Biological and Scientific Thought (1942), New York. . Harper. 1960.
5. Волкова В.Н. Из истории развития системного анализа в нашей стране // Экономическая наука современной России. 2001. № 3. С. 127-136.
6. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата. 2-е изд., переработанное и до-

полненное. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 616 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.

7. Волкова В. Н., Козлов В. Н. Научно-педагогическая школа «Системный анализ в проектировании и управлении» // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XIX Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 488 с. – С. 5–16.

8. Волкова В.Н., Черный Ю.Ю. Применение закономерностей теории систем для исследования роли коммуникаций и единого информационного пространства как основы негэнтропийных тенденций в обществе // В сборнике: Субкультуры и коммуникативные стратегии информационного общества: Труды Международной научно-теоретической конференции. Ответственный за выпуск О.Д. Шипунова. 2014. С. 9-12.

9. Волкова В.Н., Черный Ю.Ю. Закономерности информационных процессов в открытых системах: переосмысливая Л. фон Берталанфи // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции. 2016. С. 94-107.

10. Волкова В.Н., Черный Ю.Ю. Применение закономерностей теории систем для исследования проблем информационной безопасности // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2016. № 3. С. 17-24.

11. Денисов А. А. Современные проблемы системного анализа: учебник. – СПб.: 3-е изд. Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 304 с

12. Денисов А. А. Глазами народного депутата СССР. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2005. – 660 с.

13. Исследования по общей теории систем: Сб. переводов / Общ. ред. и вступит. Статья В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина. – М.: Прогресс, 1969. – 520 с.

14. Классификация информационных технологий / Волкова В.Н., Васильев А.Ю., Ефремов А.А., Юрьев В.Н., Паклин Н.Б. // Прикладная информатика. 2015. Т. 10. № 5. С. 124-141.

15. Classification of Methods and Models of the Systems Theory and System Analysis / Volkova V.N., Kozlov V.N., Mager V.E., Chernenkaia L.V., Firsov A.N. В сборнике: Systems Analysis in Engineering and Management: Proceedings of the XVIII International scientific and practical conference. Best papers of the conference. 2015. С. 3-13.

16. Козлов В.Н., Волкова В.Н. Становление, развитие и современное состояние теории систем // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции. 2016. С. 5-25.

17. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – М.: Издательство, 1960.

18. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986. 431 с.
19. Roco M., Bainbridge W. Converging Technologies for Improving Human Performance // Kluwer Academic Publishers (currently Springer), 2003.
20. Руденко А. П. Самоорганизация и синергетика // В сб. Труды семинара: Синергетика. Вып. 3. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – С. 61–99.
21. Руденский О. В., Рыбак О. П., Инновационная цивилизация XXI века: конвергенция и синергия NBIC-технологий. Тенденции и прогнозы 2015–2030 // Информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 3. URL: transhumanism-russia.ru/content/view/621/47.
22. Синергетика: Труды семинара. М.: Изд-во МГУ. Вып. 1. – 256 с. Вып. 3. – 378 с.
23. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
24. Черный Ю. Ю. Общественные эффекты развития киберпространства // Субкультуры и коммуникативные стратегии информационного общества: Труды Междунар. науч.-теор. конф. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. С. 62–65.
25. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980
26. Энгельгардт В. А. О некоторых атрибутах жизни: иерархия, интеграция, узнавание / В. А. Энгельгардт // Вопросы философии. – 1976. – № 7. – С. 65–81.
27. www.answers.com/topic/emerging-technologies#ixzz3SP9WEAVx; answers.com/topic/emerging-technologies.
28. ru.wikipedia.org/NBIC-конвергенция.

Секция 1
**ОБЩЕТЕРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**

УДК 517.958:5

Фирсов Андрей Николаевич,
д-р техн. наук, профессор

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК КЛЮЧ К
МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**

Санкт-Петербург, Политехнический университет Петра Великого,
anfirs@yandex.ru

Аннотация: В работе, носящей методический характер, сделана попытка представить прозрачную и, по возможности, формализованную иерархию основных типов математических моделей, используемых при описании динамических процессов в принципиально, на первый взгляд, различных системах. Подчеркивается, что математическое моделирование является естественной и универсальной средой для эффективного анализа системных процессов различной природы. С нашей точки зрения, под термином «системный анализ» надо понимать методологию классифицирования реальных (физических, биологических, экономических, социальных и т.п.) систем, основанную на классификации математических моделей, используемых для описания этих систем.

Ключевые слова: системы, системный анализ, математические модели, математическое моделирование, классификация

Andrei N. Firsov
Dr. Tech. Sci., Professor

**MATHEMATICAL MODELING AS A KEY TO SYSTEM
ANALYSIS METHODOLOGY**

St. Petersburg, Peter the Great Polytechnic University,
anfirs@yandex.ru

Abstract: In a work of a methodical nature, we attempt to provide transparent and, if possible, a formal hierarchy of the main types of mathematical models used in the description of dynamic processes inside, at first glance, different systems. It is emphasized that the mathematical modelling is a natu-

ral and universal environment for effective analysis of system processes of different nature. From our point of view, the term "system analysis" means the methodology for classification of real systems (physical, biological, economic, social, etc.), which is based on the classification of mathematical models used to describe these systems.

Keywords: systems, system analysis, mathematical models, mathematical modeling, classification

*Чтобы прочитать Великую Книгу Природы,
нужно знать язык, на котором она написана.*

А написана она языком математики.

Галилео Галилей

1. Введение

Определим *систему* как совокупность (множество) объектов¹ той или иной природы, взаимодействующих друг с другом и внешней средой. Поскольку всякое взаимодействие предполагает возможность изменения состояния как самих объектов, составляющих систему, так и системы в целом, то первой задачей исследователя является установление закономерностей этих изменений с целью предсказания последних. Второй задачей становится задача формирования воздействий на систему в целом (через изменения, вносимые в условия внешней среды) или составляющие ее объекты с тем, чтобы реализовать требуемые изменения характеристик системы и/или ее объектов. Иными словами, мы должны говорить об исследовании и управлении *процессами*, происходящими в системе.

Для определенности формулировок, укажем на смысл, который мы вкладываем здесь в термин «характеристики». Под *характеристиками системы* мы понимаем количественное или функциональное описание значимых для целей исследования свойств системы в целом и составляющих ее объектов. Совокупность значимых характеристик не является чем-то неизменным, и может меняться в процессе исследования в зависимости от получаемых результатов, изменения целей исследования, поступления дополнительной информации (экспериментов, вычислений, открытий и т.п.). Приведем несколько примеров. В классической механике значимыми характеристиками свободной материальной точки являются ее координаты (точнее, радиус-вектор) и импульс. Для голономной системы материальных точек – совокупность обобщенных координат и скоростей (импульсов) точек системы и функция Лагранжа², причем последняя, как известно, представляет собой *функцию* обобщенных

¹ Объекты, составляющие систему, нередко называют ее элементами.

² Или полная энергия системы.

координат и обобщенных скоростей точек системы и, возможно, времени. В квантовой механике значимыми характеристиками для частицы являются, например, волновая *функция*, энергия (*оператор*) и спин (*число*). В газовой динамике значимыми характеристиками являются *функции* пространственных координат и времени (плотность, скорость, давление, температура и т.д.). В классической молекулярно-кинетической теории газов основными характеристиками системы молекул являются *функция* распределения и закон взаимодействия молекул между собой, представляющий собой *оператор*.

2. О моделировании систем

На практике, изучение процессов в любой реальной системе сводится к их *моделированию*, т.е. к приближенному описанию с помощью создания их упрощенных *моделей*. Традиционно, модели систем и процессов в них делятся на два основных класса: физические и математические модели, хотя такое деление во многом условно, поскольку, как мы увидим ниже, физическая модель без ее математического собрата теряет большую часть своей эффективности и практической значимости. В серьезных исследованиях эти модели должны идти «рука об руку».

Под *физической моделью* обычно понимается изделие, устройство или воображаемая система, являющаяся упрощённым подобием исследуемого объекта или системы и позволяющая воссоздать исследуемый процесс или явление с требуемой степенью точности. При этом, элементам системы ставятся в соответствие физические эквиваленты, воспроизводящие структуру, основные свойства и соотношения изучаемого объекта или процесса. Как правило, физическая модель объекта или системы должна иметь ту же качественную природу, что и моделируемый объект (система). В основу построения адекватной физической модели кладутся, как правило, идеи теории подобия и размерности.

Математическая модель – приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженное с помощью математической символики. Чаще всего математическая модель представляет собой совокупность уравнений и/или неравенств (алгебраических, дифференциальных, интегральных, операторных, функциональных). Арсенал методов исследования математических моделей чрезвычайно широк - от алгебры логики до функционального анализа³. При этом, поскольку математическая модель является объектом "математического мира", исследоваться она должна на принятом в этом "мире" уровне строгости. Наконец, важно понимать, что математическую модель нельзя "доказать". Это всегда гипотеза, справедливость которой проверяется только практикой ее при-

³ Включая, естественно, численные методы. Но методика их применения и интерпретация результатов должны быть математически строго обоснованы.

менения.

3. Этапы и особенности математического моделирования

Процесс *математического моделирования*, т.е. изучения явления любой природы с помощью математической модели, можно подразделить на четыре этапа [1].

Первый этап – формулирование законов, связывающих основные объекты модели. Этот этап требует широкого знания фактов, относящихся к изучаемым явлениям, и глубокого проникновения в их взаимосвязи. Эта стадия завершается записью в математических терминах сформулированных качественных представлений о связях между объектами модели.

Второй этап – исследование математических задач, к которым приводит математическая модель. Основным вопросом здесь является решение *прямой задачи*, т.е. получение в результате анализа модели выходных данных (теоретических следствий) для дальнейшего их сопоставления с результатами наблюдений изучаемых явлений. На этом этапе важную роль приобретают математический аппарат, необходимый для анализа математической модели, и вычислительная техника – мощное средство для получения количественной выходной информации как результата решения сложных математических задач.

Третий этап – выяснение того, удовлетворяет ли принятая (гипотетическая) модель критерию практики, т.е. выяснение вопроса о том, согласуются ли результаты наблюдений с теоретическими следствиями модели в пределах точности наблюдений. Если отклонения выходят за пределы точности наблюдений, то модель не может быть принята. Часто при построении модели некоторые ее характеристики остаются неопределенными. Задачи, в которых определяются характеристики модели (параметрические, функциональные) таким образом, чтобы выходная информация была сопоставима в пределах точности наблюдений с результатами наблюдений изучаемых явлений, называются *обратными задачами*. Если такой сопоставимости нельзя добиться ни при каком выборе характеристик, то модель непригодна для исследования рассматриваемых явлений. Применение критерия практики к оценке математической модели позволяет делать вывод о правильности положений, лежащих в основе подлежащей изучению (гипотетической) модели.

Четвертый этап – последующий анализ модели в связи с накоплением данных об изучаемых явлениях и модернизации модели. В процессе развития науки и техники данные об изучаемых явлениях все более и более уточняются и наступает момент, когда выводы, получаемые на основании принятой математической модели, не соответствуют нашим знаниям о явлении. Таким образом, возникает необходимость построения

новой, более совершенной математической модели.

Хорошей иллюстрацией сказанного выше может быть пример развития теории тяготения. Классическая теория тяготения Ньютона, с математической точки зрения, опиралась на евклидову модель пространства-времени, что, в конечном итоге, привело к описанию динамики системы материальных тел на основе уравнений Лагранжа. Как показывает опыт, теория Ньютона-Лагранжа адекватно описывает механические процессы, с которыми мы сталкиваемся на Земле и в космосе в пределах Солнечной системы. Блестящий пример тому – открытие планеты Нептун, которое было сделано в 1846 г. немецким астрономом И. Галле на основе расчетов У. Леверье (Франция) и Дж. Адамса (Англия), опиравшихся на теорию тяготения Ньютона. Однако, развитие космологических исследований в начале XX века привело к открытию явлений, которые не могли быть объяснены в рамках классической теории тяготения. Поиски ответов на возникшие вопросы привели А. Эйнштейна (к 1916 году) к построению новой математической модели пространства-времени, в которой за основу была принята гипотеза о пространстве-времени как римановом пространстве, в котором тензор кривизны зависит от распределения и величины масс космических объектов. В таком пространстве, в частности, свет (точнее, фотоны) распространяется не прямолинейно (как в евклидовой модели), а по геодезическим линиям соответствующего риманова пространства. Теория Эйнштейна подтвердилась экспериментально в 1919 году, когда наблюдалось отклонения луча света от звезды при его прохождении вблизи Солнца, что качественно и количественно соответствовало предсказаниям теории. С другой стороны, в отсутствие вблизи исследуемых объектов больших (по космическим понятиям) гравитирующих масс, поправки (по отношению к классической теории тяготения), даваемые теорией Эйнштейна, становятся, с практической точки зрения, пренебрежимо малыми. Это позволяет успешно продолжать использовать в соответствующих условиях ньютонову теорию тяготения.

Другой пример, иллюстрирующий описанные этапы математического моделирования, приведен в цитированной выше статье А.Н. Тихонова в «Математической энциклопедии».

Заканчивая тему о физических и математических моделях, укажем на стоящие несколько особняком *аналоговые модели*. Этот тип моделей ярко демонстрирует органическую связь методов физического и математического моделирования. Суть аналогового моделирования состоит в следующем. Рассмотрим две системы различной физической природы (например, механическую и электрическую). Процессы в этих системах протекают согласно качественно различным физическим законам. Если, однако, математические модели обеих систем имеют одинаковый вид, т.е. с математической точки зрения эти системы одинаковы, то на осно-

вании исследования поведения одной системы можно делать вывод о поведении другой системы⁴.

В качестве примера рассмотрим следующие механическую и электрическую системы [2]. Пусть механическая система с одной степенью свободы представляет собой массу m , перемещение которой происходит под действием возмущающей силы p , упругой восстанавливающей силы (например, пружины), характеризуемой жесткостью c , и демпфирующей силы вязкого трения с коэффициентом r . Пусть h – координата массы m , определяющая ее отклонение от положения равновесия. Уравнение движения такой механической системы имеет вид

$$m\ddot{h} + r\dot{h} + ch = p. \quad (1)$$

Пусть, далее, электрическая система представляет собой электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных источника ЭДС e , индуктивности L , сопротивления R и инверсной емкости S ($S=1/C$). Пусть q – величина электрического заряда, переносимого током i через поперечное сечение проводника:

$$q = q_0 + \int_0^t i dt.$$

Из второго закона Кирхгофа вытекает следующее уравнение:

$$L\ddot{q} + R\dot{q} + Sq = e. \quad (2)$$

Если величины p и e как функции времени меняются по одному и тому же закону, то уравнения (1) и (2), по существу, тождественны и, следовательно, изучение поведения механической системы можно заменить изучением поведения системы электрической и наоборот. Таким образом, эти две системы, с точки зрения их математических моделей, аналогичны друг другу, хотя и являются системами различной физической природы.

Приведенные выше примеры касались моделирования «материально-физических» систем, однако все сказанное в равной степени относится и к задачам математического моделирования систем иной природы – социальным, экономическим и т.п. Иными словами, поведение систем, «сделанных из разного теста», можно эффективно исследовать с помощью моделей, строящихся в рамках одной из них – математической. Нужно только правильно подобрать соответствующий математический аппарат. Например, для построения и исследования адекватных математических моделей социальных и экономических процессов приходится обращаться к таким, казалось бы, совершенно абстрактным, областям аналитической математики как теория катастроф и алгебраическая топо-

⁴ Следует различать *аналоговые* и *подобные* модели, изучаемые в теории подобия и размерности. В последнем случае мы имеем дело с моделями *одинаковой* природы, в то время, как аналоговые модели – это модели *различной* природы.

логия (см., например, [3, 4]).

4. Системный анализ и адекватность математических моделей

Сказанное выше дает основание предложить классифицировать системы (независимо от их реальной природы) в соответствии с классами математических моделей, используемых для описания этих систем.

Таким образом, представляется разумным взять за основу следующие **определения**.

Система - выделенная исследователем совокупность объектов, взаимодействующих друг с другом и внешней средой.

Системный анализ - методология классифицирования реальных (физических, технических, биологических, экономических, социальных и т.п.) систем, основанная на устоявшейся классификации математических моделей, используемых для формализованного описания этих систем.

То есть мы относим к одному классу те реальные системы, формализованное описание которых требует привлечения одних и тех же классов математических моделей (например, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения с частными производными, операторные уравнения в функциональных пространствах, теория вероятностей, математическая логика, теория графов и т.п.).

Говоря о важности математического моделирования при анализе процессов в различных системах, нельзя не сказать несколько слов об особенностях такого моделирования. Если мы хотим использовать математические методы при решении задач, относящихся к какой-либо технической, экономической, биологической или любой другой системе, нам необходимо, как указывалось выше, начать с построения математической модели соответствующей системы. Построить модель – это значит указать, какими математическими объектами характеризуется изучаемая система и как в этих математических понятиях отражаются те законы, которые описывают функционирование этой системы.

Поскольку математическая модель не может отобразить изучаемую действительность во всей ее конкретности и полноте, то при ее построении приходится выбирать такие факторы и взаимосвязи, которые являются наиболее существенными в рассматриваемой задаче. Во многих случаях правильно выбрать модель – значит решить задачу более чем наполовину. Основная трудность при этом заключается в том, что при построении модели требуется соединение специальных (для изучения качественных особенностей моделируемого процесса) и математических знаний.

При построении математической модели могут встретиться и непреодолимые (на данный момент) трудности, например,

- недостаточная изученность закономерностей, описывающих систему (например, в биологии, экономике, социологии);
- неизвестность характеристик системы (например, плотность рас-

пределения вещества в толще Земли; давление в сосудах живого организма).

В подобных случаях при построении модели приходится делать дополнительные предположения, которые носят характер гипотез. Следовательно, выводы, полученные в результате исследования такой модели, носят условный характер. Но даже если законы известны и характеристики системы измерены, модель может получиться столь сложной, что будет недоступна для изучения известными (на данный момент) математическими методами.

Поэтому, часто при моделировании реального процесса приходится принимать некоторые упрощения, идеализировать модель.

Таким образом, построение математической модели должно удовлетворять двум важнейшим критериям:

- 1) модель должна быть адекватной, т.е. в необходимой степени соответствовать действительности;
- 2) модель должна быть достаточно простой, чтобы позволять находить эффективное решение за приемлемое время и с достаточной точностью.

Нетрудно заметить, что эти критерии противоречат друг другу. С одной стороны, построение адекватной модели требует учета все более полного и разнообразного количества факторов, что неизбежно усложняет модель. Такое усложнение приводит к тому, что поставленную проблему не удастся решить вообще или за практически приемлемое время. С другой стороны, чрезмерно простая модель, в которой не принимается во внимание ряд существенных факторов, оказывается заведомо неадекватной и потому не отвечающей своему назначению. Искусство исследователя состоит в том, чтобы найти гармоничное соответствие этих двух взаимно несовместимых требований. При прочих равных условиях необходимо стремиться к тому, чтобы модель соответствовала действительности. Но степень этого соответствия должна определяться условиями поставленной задачи, т.е. модель должна давать достаточно (в пределах требуемой точности) верное отражение реальности.

В связи со сказанным, можно указать следующие этапы решения прикладной задачи с помощью математических методов:

1. Корректная формулировка прикладной задачи, заключающаяся в выделении существенных свойств и взаимосвязей изучаемого объекта или процесса.

2. Построение математической модели, – отображение количественных (функциональных) отношений, выделенных на первом этапе свойств с помощью математических понятий и соотношений. Как отмечалось выше, это самая трудная часть исследования. Во-первых, для одних и тех же явлений могут быть построены самые разнообразные мате-

математические модели. Во-вторых, необходимо, чтобы построенная модель удовлетворяла требованиям адекватности и простоты.

3. Логико-математический анализ модели: проверка модели на непротиворечивость и решение поставленной математической задачи. Иногда реализация этого этапа требует развития новых методов или даже создания новой математической дисциплины. Решение поставленной математической проблемы не всегда может быть найдено по какой-либо конкретной формуле, даже если оно существует. Поэтому могут потребоваться численные методы решения, – т. е. методы, дающие не точный, а приближенный (с достаточной степенью точности) ответ. Данный этап включает в себя теоретическое исследование математической проблемы и ее практическое решение (в том числе сбор исходных данных, программирование).

4. Интерпретация результата с помощью известного эмпирического материала (результатов наблюдений или специально поставленных экспериментов), т.е. перевод математического ответа на язык конкретной науки.

5. Заключительные замечания

В заключение хотелось бы отметить следующее. В силу возрастающего количества научной информации и углубляющегося процесса дифференциации наук одному исследователю стало почти невозможно работать в нескольких отраслях знания. Поэтому для построения модели и эффективного решения поставленной математической задачи (особенно когда речь идет о крупных научных проблемах) необходимо сотрудничество ученых различных специальностей и, конечно, привлечение современной вычислительной техники. Отсюда следует, что настоящий специалист по системному анализу – это своего рода «синтезатор знаний», он должен хорошо представлять, что и где лежит в науке. Только такой человек сможет грамотно подобрать соответствующую исследовательскую группу и направить её работу в нужное русло. Подготовка же и воспитание таких специалистов – непростая, но крайне важная задача, стоящая перед системой высшего образования.

Список литературы

1. А.Н. Тихонов. Математическая модель. – В кн. Математическая энциклопедия в 5 томах, т. 3. - М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1982.
2. А.Ю. Львович. Электро-механические системы: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989.
3. А.К. Гуц, Ю.В. Фролова. Математические методы в социологии. – М.: Издательство ЛКИ, 2007.
4. Проблемы оптимизации и экономические приложения: материалы V Всероссийской конференции (Омск, 2 – 6 июля 2012). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2012.

5. И.И. Блехман, А.Д. Мышкис, Я.Г. Пановко. Прикладная математика. Предмет, логика, особенности подходов. – Киев, «Наукова Думка», 1976.
6. И.И. Блехман, А.Д. Мышкис, Я.Г. Пановко. Механика и прикладная математика: логика и особенности приложений. – М.: Наука, 1990.

УДК 303.732

Козлов Владимир Николаевич,
д-р техн. наук, профессор

СИНТЕЗ ОГРАНИЧЕННЫХ УПРАВЛЕНИЙ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
saiu@ftk.spbstu.ru

Аннотация. Рассматривается метод синтеза на основе метода Р.Беллмана и проекционного подхода к преобразованию необходимых условий [1]. В результате операторных преобразований сформулирована базовая задача оптимизации, определяющая конструктивное операторно-проекционное преобразование указанных условий.

Ключевые слова: динамическое программирование, операторно-проекционное преобразование, оптимальные управления, синтез, уравнение Беллмана.

Vladimir N. Kozlov,
Doctor of Technical Sciences, Professor

SYNTHESIS OF LIMITED CONTROLS OF DISCRETE SYSTEMS BY THE METHOD OF DYNAMIC PROGRAMMING

St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
saiu@ftk.spbstu.ru

Abstract. The synthesis method is considered on the basis of the R.Bellman method and the projection approach to the transformation of necessary conditions [1]. As a result of operator transformations, a basic optimization problem is formulated that defines a constructive operator-projection transformation of the indicated conditions.

Keywords: Dynamic programming, operator-projection transformation, optimal control, synthesis, Bellman's equation.

Введение. Методы синтеза оптимальных ограниченных управлений исследованы в ряде работ. Для этого используются принцип максимума Л.С. Понтрягина, метод динамического программирования, а также методы математического программирования. Далее рассматривается метод синтеза на основе метода Р. Беллмана и проекционного подхода к преобразованию необходимых условий [1]. В результате операторных преобразований сформулирована базовая задача оптимизации, определяющая конструктивное операторно-проекционное преобразование указанных условий.

1. Постановки задач. Исследуемая задача формулируется в виде неклассической задачи оптимального управления для динамического объекта с ограниченными управлениями. Синтез выполнен на основе преобразования достаточных условий оптимальности в виде уравнения Р. Беллмана. Проанализированы варианты преобразований на основе расширения исходной задачи на основе «принципа граничных экстремалей», из которого следует конструктивное представление оптимальных ограниченных управлений.

2. Проекционные операторы конечномерной оптимизации для преобразования уравнения Р. Беллмана. Операторы заданы проекторами на пересечение линейного многообразия и шара, учитывающего смешанные ограничения на основе «принципа граничных экстремумов» [1]. На основе этого принципа определены формы, инварианты и параметры ОДР и ОКО для минимизации квадратичных функционалов, преобразующие целевые векторы в оптимальные решения на «сужении» в виде отрезка в допустимой области.

Определение классических ОКО. Операторы минимизации или максимизации функционала типа нормы – это проекционные операторы в евклидовом, задающие решения задач: вычислить векторы

$$X_* = \operatorname{argmin} \left\{ \varphi(X) = \|X - C\|^2 \mid AX = b, A \in R^{m \times n}, \operatorname{rang} A = m, X^T X = r^2 \right\} \in R^n,$$

$$X^* = \operatorname{argmax} \left\{ \varphi(X) = \|X - C\|_2^2 \mid AX = b, A \in R^{m \times n}, \operatorname{rang} A = m, X^T X = r^2 \right\} \in R^n.$$

Операторы отображают целевые векторы $C \in R^n$ в оптимальные решения на допустимом множестве на основе принципа «экстремальных граничных векторов» и соответствующих операторов допустимых (ОДР) и оптимальных (ООР) решений для преобразования необходимых условий.

Операторы допустимых решений для синтеза управлений определены в следующем утверждении.

Утверждение 1. Пусть ОДР формулированы на основе классических решений задач минимизации X_* и максимизации X^* нормы. Тогда справедливы утверждения: 1). Вектор ОДР $\bar{X} = X_*(-1+\sigma)$, на пересечении многообразия и сферы представляется в силу п. 2.2 в форме

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \theta X_*(-1+\sigma) + (1-\theta)X^*(-1-\sigma), \\ X_*(-1+\sigma) &= P_A b + P^0 C \sigma, \quad X^*(-1-\sigma) = P_A b - P^0 C \sigma.\end{aligned}$$

2). Оператор допустимых решений $\bar{X}(\theta) = \theta X_* + (1-\theta)X^*$, $\theta \in [0, 1]$, где $X_* = P_A b + P^0 C \eta$, $X^* = P_A b - P^0 C \eta$, $\eta^{-1} = \sigma = \rho^{1/2} \alpha^{-1/2}$, отображает целевой вектор $C \in \mathbb{R}^n$ на «сужение» выпуклой допустимой области. 3). Квадратное уравнение $\alpha \lambda^2 + 2\alpha \lambda + (\alpha - \rho) = 0$, где $\alpha = r^2 - b^T (A A^T)^{-1} b$, $\rho = C^T P^0 C \neq 0$, определяет параметры ОДР, которые совпадают с множителями Лагранжа: $\lambda_{1,2} = -1 \pm \sigma$, $\sigma = (\rho/\alpha)^{1/2}$, как инвариантами для трех форм. 4). Ограничения исследуемой задачи являются совместными при выполнении условия $\alpha = r^2 - b^T (A A^T)^{-1} b \geq 0$.

Утверждение 2 о структуре ОКО для неклассических задач. Пусть задача минимизации корректна и справедливо утверждение 1. Тогда для неклассической задачи оператор минимизации нормы имеет вид

$$X_* = (1 - \theta_*)X_* + \theta_* X^* = P_A b + (1 - 2\theta_*)P^0 C \eta, \quad \eta = (\alpha/\rho)^{1/2} = \sigma^{-1}, \quad (1)$$

где $X_{3*} = P_A b + P^0 C \eta$, $X_3^* = P_A b - P^0 C \eta$ – граничные экстремальные векторы; числовой оптимальный параметр

$$\theta_* = P(\theta_0) = 0,5(|\theta_0| - |\theta_0 - 1| + 1) \in [0, 1],$$

где $\theta_0 = 0,5(1 - \eta^{-1})$, $\eta^{-1} = \sigma = (\rho/\alpha)^{1/2}$, $\alpha = r^2 - b^T (A A^T)^{-1} b > 0$, $\rho = C^T P^0 C$.

3. Преобразованное уравнение Р. Беллмана для ограниченных управлений. Достаточное условие оптимальности для задачи: вычислить вектор оптимальных управлений

$$u_* = \arg \min_{u \in D_u} \left\{ \varphi = \sum_{k=0}^{k=\infty} (x_k^T Q x_k + u_k^T u_k) \mid x_{k+1} = H x_k + F u_k, x_{k0} = x^0 \right\}, \quad (2.a)$$

где $u \in D_u = \{u_k \mid \|u_k\|_2^2 \leq r^2\}$ в виде уравнения Р. Беллмана имеет вид

$$\begin{aligned}\min_{u_k \in D_u^i \subset \square^m} & \left\{ \left(\Delta V_k + x_k^T Q x_k + \|u_k\|_2^2 \right) \mid x_{k+1} = H x_k + F u_k, x_{k0} = x^0, \right. \\ & \left. u \in D_u^1 = \{u \mid \|u\|_2^2 \leq r^2\} \right\} = 0.\end{aligned} \quad (2.б)$$

Функция А.М. Ляпунова $V(x_k) = x_k^T P x_k$, $P = P^T$. При этом допустимое множество может иметь обобщенный вид

$$D = \left\{ u \mid W u = b, \|u\|_2^2 \leq r^2 \right\}. \quad (2.в)$$

Далее иллюстрируются *преобразования уравнения* (2.б) для сформулированной задачи оптимального управления. Производная функции Ляпунова на траекториях системы определяет уравнение (2.б) в виде

$$\begin{aligned} & \min_{u_k \in D_u^1 \subset \square^m} \left\{ x_{k+1}^T P x_{k+1} - x_k^T P x_k + x_k^T Q x_k + u_k^T u_k \right\} = \\ & = \min_{u_k \in D_u^1 \subset \square^m} \left\{ (H x_k + F u_k)^T P (H x_k + F u_k) - x_k^T P x_k + x_k^T Q x_k + u_k^T u_k \right\} = \\ & = \min_{u_k \in D_u^1 \subset \square^m} \left\{ x_k^T H^T P H x_k + 2 x_k^T H^T P F u_k + u_k^T F^T P F u_k - x_k^T P x_k + x_k^T Q x_k + u_k^T u_k \right\} = 0. \quad (3) \end{aligned}$$

Известно, что для линейной задачи оптимального управления преобразования основаны на решении уравнения (2.б). Известно, что в соответствии с классической линейной задачей вычисляется управление, которое минимизирует функционал в (3) в пространстве $\square^m$.

Вектор управлений, вычисляемый на основе достаточного условия оптимальности типа (2.б), приводит к необходимости минимизации функционала на основе принципа оптимальности динамического программирования в компактной области изменения управлений. Для вычисления точки минимума в указанной области далее используется метод Лагранжа и «принцип граничных решений», позволяющий решить неклассическую задачу минимизации в (2.б) на основе решения вспомогательной классической задачи оптимизации. Для классической задачи оптимизации, решаемой для вычисления «экстремальных граничных элементов» при условии $\|u\|_2^2 = r^2$ в (2.в) достаточные условия динамического программирования имеют вид

$$\begin{aligned} & \min_{u_k \in D_u^1, \lambda \in \square} \left\{ x_k^T H^T P H x_k + 2 x_k^T H^T P F u_k + u_k^T F^T P F u_k - x_k^T P x_k + x_k^T Q x_k + \right. \\ & \left. + u_k^T u_k + \lambda (u^T u - r^2) \right\} = 0. \quad (4) \end{aligned}$$

На первом этапе для разрешения достаточных условий в форме (4) далее использована функция Лагранжа, позволяющая определить «граничные экстремальные векторы» (ГЭВ), принадлежащие сфере как границе шара. На втором этапе вычисляется неклассический минимум для уравнения (2.б) на основе аппроксимации исходного шара «сужением» в виде отрезка, границы которого совпадают с ГЭВ.

В качестве граничных условных экстремумов используются две точки минимума функционала в (4), а на первом этапе функция Лагранжа, равная

$$L = x_k^T H^T P H x_k - x_k^T P x_k + x^T Q x + 2x_k^T H^T P F u_k + u_k^T F^T P F u_k + \left\| u_k \right\|_2^2 + \lambda \left(\left\| u_k \right\|_2^2 - r^2 \right), \quad (5.a)$$

определяет необходимые условия классической задачи, из которых следуют два экстремальных параметризованных вектора управлений, которые определяются равенствами

$$F^T P H x_k + F^T P F u_k + u_k + \lambda u_k = 0_m, \quad u_k(\lambda) = - \left[F^T P F + (1 + \lambda) E_m \right]^{-1} F^T P H x_k, \\ \left\| u_k \right\|_2^2 - r^2 = 0. \quad (5.6)$$

Множители Лагранжа с учетом ограничения на евклидову норму управления определяют для множителей однопараметрическое уравнение

$$\left\| u_k(\lambda) \right\|_2^2 = u_k^T(\lambda) u_k(\lambda) = \\ = x_k^T H^T P F \left[F^T P F + (1 + \lambda) E_n \right]^{-T} \times \left[F^T P F + (1 + \lambda) E_m \right]^{-1} F^T P H x_k = r^2. \quad (6)$$

Преобразование уравнения (6) является сложным, однако для скалярного управления (при $m = 1$) квадратное уравнение (6) в форме

$$\left\| F^T P H x_k \right\|_2^2 = r^2 \left[F^T P F + (1 + \lambda) \right]^2, \quad (7)$$

определяет два корня, равные множителям Лагранжа. Эти корни определяют «граничные экстремальные элементы» на сфере, определенные далее.

Лемма 1. Корни уравнения (7) определяются равенствами

$$\lambda_{1,2} = -b - 1 \pm \|a\|_2, \quad a = F^T P H x_k, \quad b = F^T P F \in \mathbb{R}, \quad m = 1. \quad (8)$$

Доказательство. Решения (7) определяют два множителя Лагранжа, которые следуют из уравнения (7), преобразованного к виду

$$r^2 \lambda^2 + (2br^2 + 2r^2) \lambda + (b^2 r^2 + 2br^2 + r^2 - \|a\|^2) = 0.$$

Элементарные вычисления определяют значений корней равенствами (8).

Лемма 1 доказана.

Тогда выпуклое подмножество $\bar{D}(\theta)$, как сужение выпуклого множества D , определится двумя «граничными экстремальными элементами»

$$u_k(\lambda_{1,2}) = -\left[F^T PF + (1 + \lambda_{1,2})E\right]^{-1} F^T PHx_k, \quad \lambda_{1,2} = -b - 1 \pm r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2, \quad (9)$$

где множители заданы в (9). В результате граничные векторы равны

$$\begin{aligned} u_k(\lambda_1) &= -\left[F^T PF + (1 - 1 - b + r^{-1} \|a\|_2)\right]^{-1} F^T PHx_k = -r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} F^T PHx_k, \\ u_k(\lambda_2) &= -\left[(-r \|a\|_2)\right]^{-1} F^T PHx_k = -(-r \|a\|)^{-1} F^T PHx_k = r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} F^T PHx_k. \end{aligned} \quad (10.a)$$

Управления (10.a) при стремлении вектора фазовых координат к нулевому вектору должны быть корректными. В результате векторы (10.a) с регуляризацией должны вычисляться на основе равенств

$$\begin{aligned} u_k(\lambda_1) &= -\left[F^T PF + (1 - 1 - b + r^{-1} \|a\|_2)\right]^{-1} F^T PHx_k = -r \|F^T PHx_k + \varepsilon^2\|_2^{-1} F^T PHx_k, \\ u_k(\lambda_2) &= -\left[(-r \|a\|_2)\right]^{-1} F^T PHx_k = -(-r \|a\|)^{-1} F^T PHx_k = r \|F^T PHx_k + \varepsilon^2\|_2^{-1} F^T PHx_k. \end{aligned} \quad (10.б)$$

Однопараметрическое «сужение» области управления имеет вид

$$\bar{D}_u(\theta) = \left\{ u_k(x, \theta) \mid u_k(x, \theta) = \theta u_k(x, \lambda_1) + (1 - \theta) u_k(x, \lambda_2), \theta \in [0, 1] \right\}. \quad (11)$$

Для определения точки минимума в преобразованном достаточном условии (4) в силу МГЭ требуется решить задачу одномерной минимизации для вычисления скалярного параметра

$$\begin{aligned} \theta_* &= \arg \min \left\{ \Omega(\theta) = 2u_k^T(x_k, \theta) B^T Px_k + u_k^T(x_k, \theta) B^T PBu_k(x_k, \theta) + \|u_k(x_k, \theta)\|^2, \right. \\ &\quad \left. u_k(x_k, \theta) = u_k(x_k, \theta, \lambda_1, \lambda_2) = \theta u_k(x_k, \lambda_1) + (1 - \theta) u_k(x_k, \lambda_2), \theta \in [0, 1] \right\}. \end{aligned} \quad (12)$$

Далее вычисляется θ_0 из необходимого условия локального минимума

$$\partial \Omega(\theta) / \partial \theta = 0 \quad (13)$$

на сужении $\bar{D}_u$ в виде прямой $u_k(x_k, \theta)$ параметра $\theta \in R$ в (12), включающей граничные элементы $u_k(x_k, \lambda_1)$ и $u_k(x_k, \lambda_2)$. Параметр $\theta_0 \in R$ определен далее.

Лемма 2. Оптимальный параметр $\theta_0 \in R$ в (12) равен

$$\theta_0 = -\left[u_k^T(\lambda_1) - u_k^T(\lambda_2)\right] \left(F^T PHx_k + u_k(\lambda_2)\right) / \|u_k(\lambda_1) - u_k(\lambda_2)\|_2^2. \quad (14)$$

Доказательство. Как было отмечено, оптимальный параметр вычисляется из необходимого условия минимума функционала

$$\begin{aligned} \Omega(\theta) &= 2u_k^T(x_k, \theta) F^T PHx_k + u_k^T(x, \theta) F^T PFu_k(x_k, \theta) + \|u_k(x_k, \theta)\|^2 = \\ &= 2\left[\theta u_k(\lambda_1) + (1 - \theta) u_k(\lambda_2)\right]^T F^T PHx_k + u_k^T(x_k, \theta) \left[F^T PF + E_m\right] u_k(x_k, \theta), \end{aligned}$$

где $u_k(x_k, \theta, \lambda_1, \lambda_2) = \theta u_k(x_k, \lambda_1) + (1 - \theta)u_k(x_k, \lambda_2)$.

В результате преобразований необходимое условие примет вид

$$\begin{aligned} \partial\Omega/\partial\theta = & \left[\theta u_k(\lambda_1) - u_k(\lambda_2) \right]^T \left[F^T PHx_k \right] + \\ & + \left[u_k(\lambda_1) - u_k(\lambda_2) \right]^T \times \left[\theta u_k(\lambda_1) + (1 - \theta)u_k(\lambda_2) \right] = 0. \end{aligned}$$

Это уравнение после дополнительных преобразований принимает форму

$$\begin{aligned} & \left[u_k^T(\lambda_1) - u_k^T(\lambda_2) \right] \times \left[F^T PHx_k + u_k(\lambda_2) \right] + \\ & + \theta \left[u_k(\lambda_1) - u_k(\lambda_2) \right]^T \times \left[u_k(\lambda_1) - u_k(\lambda_2) \right] = \\ & = \left[u_k^T(\lambda_1) - u_k^T(\lambda_2) \right] \times \left[F^T PHx_k + u_k(\lambda_2) \right] + \theta \|u_k(\lambda_1) - u_k(\lambda_2)\|_2^2 = 0, \end{aligned}$$

откуда следует равенство (14). **Лемма 2 доказана.**

Следствие к лемме 2. Оптимальный параметр $\theta_0 \in R$ в (14) равен

$$\theta_0 = 0,5 \left(1 + r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right) \in R. \quad (15)$$

Доказательство. Равенства (10) определяют векторы управлений и параметры, которые определяют норму векторов разности в (14) в форме

$$\begin{aligned} \|u_k^T(\lambda_1) - u_k^T(\lambda_2)\|_2^2 &= \left[u_k^T(\lambda_1) - u_k^T(\lambda_2) \right] \times \left[u_k(\lambda_1) - u_k(\lambda_2) \right] = \\ &= \left(-2r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} x_k^T H^T PF \right) \left(-2r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} F^T PHx_k \right) = 4r^2. \end{aligned}$$

Функция числителя в (14) имеет вид

$$\begin{aligned} & \left[u_k^T(\lambda_1) - u_k^T(\lambda_2) \right] \times \left[F^T PHx_k + u_k(\lambda_2) \right] = \\ &= \left[-2r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} x_k^T H^T PF \right] \times \left[F^T PHx_k + u_k(\lambda_2) \right] = \\ &= \left[-2r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} x_k^T H^T PF \right] \times \left[F^T PHx_k + r F^T PHx_k \|F^T PHx_k\|_2^{-1} \right] = \\ &= -2r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} x_k^T H^T P F F^T PHx_k - 2r^2 \|F^T PHx_k\|_2^{-1} x_k^T H^T P F F^T PHx_k \|F^T PHx_k\|_2^{-1} = \\ &= -2r \|F^T PHx_k\|_2^{-1} \times \|F^T PHx_k\|_2^2 - 2r^2 \|F^T PHx_k\|_2^{-1} \times \|F^T PHx_k\|_2^2 \times \|F^T PHx_k\|_2^{-1} = \\ &= -2r \|F^T PHx_k\|_2 - 2r^2 \|F^T PHx_k\|_2^{-1} \times \|F^T PHx_k\|_2^2 \times \|F^T PHx_k\|_2^{-1} = \\ &= -2r \|F^T PHx_k\|_2 - 2r^2 = -2 \left(r \|F^T PHx_k\|_2 + r^2 \right). \end{aligned}$$

В результате параметр

$$\theta_0 = -2 \left(r \|F^T PHx_k\|_2 + r^2 \right) \times (4r^2)^{-1} (-1) = 0,5 \left(1 + r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right). \quad (16.a)$$

После этого для минимизации параметр θ_0 проецируется на множество допустимых значений для выполнения условия $\theta_* \in [0, 1]$. В результате проецирования с помощью кусочно-линейного проектора формируется *допустимый оптимальный параметр*

$$\theta_* = p(\theta_0) = 0,5(|\theta_0| - |\theta_0 - 1| + 1) \in [0, 1], \quad \theta_0 = 0,5\left(1 + r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2\right). \quad (16.6)$$

Лемма 3. Оптимальный параметр (16.6), сформированный кусочно-линейным проектором, отображающим θ_0 на интервал $[0, 1]$, и оптимальный вектор управлений, следующий из (12), определяют в уравнении (3), зависящий от оптимального параметра вектор управлений

$$u(x, \theta_*) = [1 - 2p(\theta_0)] \times \|F^T PHx_k\|_2^{-1} F^T PHx_k. \quad (17)$$

Доказательство следует из (10), (11) и соотношений вида

$$\begin{aligned} u(x, \theta_*) &= p(\theta_0)u(x, \lambda_1) + [1 - p(\theta_0)]u(x, \lambda_2) = \\ &= -p(\theta_0) \|F^T PHx_k\|_2^{-1} F^T PHx_k + [1 - p(\theta_0)] \times \|B^T Px_k\|_2^{-1} F^T PHx_k = \\ &= [1 - 2p(\theta_0)] \times \|F^T PHx_k\|_2^{-1} F^T PHx_k. \end{aligned}$$

Лемма 3 доказана.

Два последние сомножителя в оптимальном управлении (17) определяют нелинейное нормированное управление, поскольку норма вектора управления равна единице. При этом параметр θ_0 имеет структуру, которая включает отношение нормы вектора управления к радиусу ограничивающего шара. Подстановка (17) в (3) определяет преобразованное уравнение динамического программирования Р. Беллмана

$$\begin{aligned} &x_k^T H^T PHx_k - x_k^T Px_k + x_k^T Qx_k + \\ &+ 2x_k^T H^T PFu_k(\theta) + u_k^T(\theta) F^T PFu_k(\theta) + u_k^T(\theta) u_k(\theta) = 0. \end{aligned} \quad (18)$$

Из уравнения (14) следует обобщенное уравнение Риккати, которое требует дополнительного рассмотрения.

Лемма 4 о свойствах нелинейной обратной связи для систем с ограниченными управлениями. Структура параметра $[1 - 2p(\theta_0)]$ определена суммой линейной и нелинейной частями, определяющими управление. Используя канонические свойства кусочно-линейных проекторов на числовой оси, этот параметр можно преобразовать к виду

$$\begin{aligned}
1 - 2p(\theta_0) &= 2 \times 0,5 \left(\left| 0,5 \left(1 + r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right) \right| - \left| 0,5 \left(1 + r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right) - 1 \right| + 1 \right) = \\
&= 1 - \left(\left| 0,5 + 0,5r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right| - \left| 0,5 + 0,5r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right| - 1 \right) + 1 = \\
&= 2 \left\langle 1 - p_{-0,5}^{+0,5} \left(0,5r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right) \right\rangle.
\end{aligned}$$

Функция $p_{-a}^{+a} \left(0,5r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \right)$, $a = 0,5$, в последнем неравенстве обеспечивает принадлежность нормированного управления интервалу:

$$-0,5 \leq 0,5r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \leq 0,5.$$

Можно показать, что последнее неравенство эквивалентно неравенству

$$-1 \leq r^{-1} \|F^T PHx_k\|_2 \leq 1 \Rightarrow -r \leq \|F^T PHx_k\|_2 \leq r.$$

Лемма 4 доказана.

Следствие. В результате можно доказать, что проектор на интервал $[0,1]$ в параметре закона управления реализует ограничение на норму

$$-r \leq \|F^T PHx_k\|_2 \leq r,$$

при условии $\left\| \left\| F^T PHx_k \right\|_2^{-1} F^T PHx_k \right\|_2 = \left\| F^T PHx_k \right\|_2^{-1} \left\| F^T PHx_k \right\|_2 = 1$.

Таким образом, сформулирована методика преобразования уравнения динамического программирования для задач с ограничениями на управление.

Список литературы

1. Козлов В.Н. Негладкие системы, операторы оптимизации и устойчивость энергообъединений. Изд-во Политехн. ун-та. СПб.: -2012.-177 с.

УДК 517.958:530.145.7

Фирсов Андрей Николаевич

д-р. техн. наук, профессор

ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ МАЛЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ЕЁ ПАРАМЕТРОВ

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский Политехнический университет
Петра Великого, anfirs@yandex.ru

Аннотация. В докладе обсуждаются результаты математического характера, имеющие отношение к тематике, указанной в заголовке, а также примеры применения этих результатов в конкретных прикладных

задачах. В основу доклада положена лекция, прочитанная автором в Софийском техническом университете (Болгария) в декабре 2016 г.

Ключевые слова: динамические системы, устойчивость, малые возмущения параметров

Andrei N. Firsov
Dr. Tech. Sci., Professor

THE INVERSE PROBLEM OF STABILITY OF DYNAMICAL SYSTEMS WITH SMALL PERTURBATIONS OF ITS PARAMETERS

St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
anfirs@yandex.ru

Abstract. The report discusses mathematical results related to the subject matter indicated in the title, as well as examples of application of these results in specific applied problems. The report is based on a lecture delivered by the author at the Sofia Technical University (Bulgaria) in December 2016.

Keywords: dynamic systems, stability, small perturbations of the parameters.

1. При анализе математических моделей динамических систем возникают трудности, связанные с нередко встречающейся неопределенностью значений некоторых числовых параметров, характеризующих элементы (объекты) исходной («физической») системы. Речь идет не только о внешних случайных воздействиях на систему, но и о неопределенностях параметров системы «внутреннего» характера, возникших, например, из-за неточной информации о числовых характеристиках составляющих систему элементов. Такая неточность имеет, как правило, вполне объективный характер. Типичным примером является следующая ситуация. Предположим, что в действующей системе вышел из строя некоторый элемент. Этот элемент надо заменить аналогичным, но при замене мы можем ориентироваться только на номинал, указанный в паспорте заменяющего элемента, и который (номинал) известен лишь с определенной степенью точности. Возникает следующий вопрос: каков должен быть допуск значений характеристик заменяющего элемента, чтобы основные качественные свойства системы (например, такие, как устойчивость) сохранились. В конечном итоге, ответ на этот вопрос будет влиять на оценку стоимости эксплуатационных расходов конструируемой системы.

Подход к решению задач, подобных указанной выше, основан на *качественном анализе математической модели*, соответствующей («физической») системы. Такой моделью, как правило, является некоторая система дифференциальных уравнений - обыкновенных (ODE) или в частных производных (PDE). Мы здесь будем говорить только о системах,

описываемых посредством ODE. В частности, при исследовании устойчивости решений таких уравнений важное значение имеет анализ распределения собственных значений соответствующего оператора. Как оказалось, в случае присутствия неопределённостей в числовых характеристиках элементов исследуемой системы, существенную помощь может оказать *теория возмущений собственных значений линейных операторов* (в нашем случае – конечномерных), в развитие которой основной вклад внесли, в первую очередь, Franz Rellich (1906-1955, Austria, USA) [1], Tosio Kato (1917-1999, Japan, USA) [2], Peter Lancaster (Canada) [3] и Ji-guang Sun (China, Sweden) [4].

2. С формально-математической точки зрения, задача ставится следующим образом.

Известно, что математические модели, описывающие динамику многих реальных физических, технических, биологических и т.п. систем, представляются системами обыкновенных дифференциальных уравнений вида

$$\frac{d}{dt}X(t) = F(t, X); \quad X = (x_1, \dots, x_n); \quad F = (f_1, \dots, f_n).$$

Во многих практически важных случаях, эти уравнения допускают линеаризацию, которая приводит к системе линейных дифференциальных уравнений с постоянной матрицей коэффициентов A :

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}Y(t) &= AY(t), \quad t > 0; \quad Y(0) = Y_0, \\ Y &= \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}; \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}. \end{aligned} \quad (1)$$

Известно также, что решение $Y(t)$ такой системы будет асимптотически устойчивым тогда и только тогда, когда все собственные значения матрицы A (точнее, их вещественные части) будут отрицательными. С другой стороны, значения элементов a_{ij} матрицы A зависят от конструктивных особенностей исходной физической, технической и т.п. системы, в частности, от числовых характеристик («номиналов») элементов, её образующих, и, следовательно, будут зависеть от степени неопределённости задания этих характеристик.

Допустим теперь, что элементы матрицы A зависят от некоторого, вообще говоря векторного, параметра ε : $A = A(\varepsilon)$. Уравнение (1) в этом случае примет вид

$$\frac{d}{dt}Y(t) = A(\varepsilon)Y(t), t > 0; \quad Y(0) = Y_0; \quad (2)$$

$$\varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_k \end{pmatrix}; \quad A(\varepsilon) = \begin{pmatrix} a_{11}(\varepsilon) & \dots & a_{1n}(\varepsilon) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}(\varepsilon) & \dots & a_{nn}(\varepsilon) \end{pmatrix}.$$

Основные вопросы теории возмущений для систем типа (2) ставятся следующим образом: 1) какова зависимость собственных значений λ_j матрицы $A(\varepsilon)$ от параметров ε : $\lambda_j = \lambda_j(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_k)$ и 2) каковы достаточные условия для диапазонов допустимого изменения параметров $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_k$, гарантирующие знакопостоянство *всех* собственных значений $\lambda_j = \lambda_j(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_k)$. Ответ на последний вопрос, например, дает возможность указать предельную «степень неопределённости» параметров системы, гарантирующую сохранение её устойчивости [5].

Список литературы

1. Franz Rellich. Perturbation theory of eigenvalue problems. - Gordon and Breach, N.Y., 1969.
2. Tosio Kato. Perturbation Theory for Linear Operators. - Springer-Verlag, Berlin, 1980.
3. Peter Lancaster, Miron Tismenetsky. The theory of Matrices (2nd ed). - Academic Press, N.Y., 1985.
4. Sun Ji-guang. Eigenvalues and Eigenvectors of a Matrix dependent on several Parameters. - J. Comput. Math., Vol. 3 No. 4 (1985), pp. 351 – 364.
5. Bulkina E., Firsov A. Numerical-analytical method for solving the inverse problem of stability for technical systems with multiple uncertain parameters. – Machines. Technologies. Materials. (Int. Sci. J., Bulgaria), Year X, Issue 11 (2016), pp. 12 – 14.

УДК 303.732

Козлов Владимир Николаевич,
доктор технических наук, профессор
Ефремов Артем Александрович
канд. физ.-мат. наук, доцент,
Тресько Игорь Усыславович.

К СПЕКТРАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ ХАОТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29,
saiu@ftk.spbstu.ru

Аннотация. Показано, что для анализа свойств систем могут быть использованы условия устойчивости подсистем, которые являются ча-

стью общей задачи исследования специальных множеств, а также регулярной или хаотической динамики сложных динамических систем.

Ключевые слова: билинейность, хаотическая динамика, сложные динамические системы, спектральные методы

Vladimir N. Kozlov,

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Artem A. Efremov,

PhD, Associate Professor,

Igor U. Trosko.

TO SPECTRAL ANALYSIS OF CHAOTIC MODES OF DYNAMIC SYSTEMS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University t,
St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29.

saiu@ftk.spbstu.ru

Abstract. It is shown that for the analysis of the properties of systems, the stability conditions of the subsystems can be used, which are part of the general problem of investigating special sets, as well as the regular or chaotic dynamics of complex dynamical systems.

Keywords: Bilinearity, chaotic dynamics, complex dynamical systems, spectral methods

Анализ динамики нелинейных систем является актуальной задачей. К настоящему времени известен ряд подходов, получивших название функциональных методов локализации [1- 3]. Развивается подход к анализу на основе локализации простой и сложной динамики [4, 5]. При этом также актуальной является задача анализа динамики систем вне локализующих множеств для динамических систем. Основные задачи состоят в определении таких подмножеств (локализуемых множеств) в фазовых пространствах автономных и неавтономных системах дифференциальных уравнений, которые содержат все компактные инвариантные множества.

Необходимо отметить, что в сложных динамических системах типа крупных энергосистем, описываемых дифференциальными уравнениями с билинейными или полилинейными правыми частями, могут возникать сложные регулярные или хаотические режимы [6 – 8]. В ряде случаев сложная динамика возникает в системах управления с законами управления, синтезированными на основе функциональных матриц, элементы которых являются функциями фазовых координат системы. При этом важно исследовать условия, гарантирующие отсутствие непредсказуемой, в частности, хаотической динамики систем с обратной связью. Не-

которые вопросы хаотической динамики рассмотрены далее с точки зрения спектральных подходов к анализу устойчивости.

Как следует из [6 – 13], исследование динамики направлено на идентификацию причин хаотических режимов энергосистем как *нерегулярной динамики* в детерминированных системах, связанных с различными типами известных или «скрытых» типов аттракторов. Исследованы точки бифуркаций, порождающих хаотические колебания, которые могут предшествовать авариям. Динамика сложных объектов, в частности, многомашинных энергосистем, описывается блочными системами билинейных дифференциальных уравнений, которые в локально линейных приближениях могут быть слабо демпфированными или иметь «отрицательное демпфирование». В силу «*принципа бинарности*», предложенного академиками РАН С.В. Емельяновым и С.К. Коровиным, использованного в [8], может иметь место *двойственность моделей*, в которых часть фазовых координат одного блока уравнений подсистем является *параметрами* для уравнений других подсистем. Можно анализировать динамику на основе «нестационарной линеаризации» [9]. Можно отметить общность билинейных уравнений ЭЭС [8] и билинейных уравнений Лоренца [6]

$$x' = \sigma(y - x), y' = x(r - z) - y, z' = xy - bz, \quad x, y, z \in R^1, \quad (1)$$

где правые части уравнений определяются суммами линейных и билинейных функций координат. Известно, что в системе (6) возникает хаотическая динамика, которая исследована на основе «нестационарной линеаризации».

С учетом свойств линейности и билинейности правых частей (6) далее выполнена динамическая линеаризация на основе декомпозиции уравнений, что глобально определяет аналитические характеристики линеаризованных уравнений [8 – 10]. После декомпозиции эквивалентная уравнениям типа (1) система блочных декомпозированных дифференциальных уравнений с функциональными матричными параметрами принимает вид

$$x' = -\sigma x + \sigma y, X' = AX + Bx, x(t_0) = x_0 \in R^1, X(t_0) = X_0 \in R^2, \quad (2)$$

$$X = (y, z)^T \in R^2, A = \begin{bmatrix} -1 & -x \\ x & -b \end{bmatrix}, B = (r, 0)^T.$$

В системе (2) имеется подсистема второго порядка с функциональной матрицей. В этой связи возникает возможность анализа динамики этой подсистемы и системы в целом на основе различных подходов:

- анализ динамики на основе частотных методов;
- анализ динамики, включая локализацию простой и сложной динамики на основе спектральных методов, которые могут быть использованы для дифференциальных или разностных уравнений.

Дифференциальное уравнение второй подсистемы в (3) с фазовым вектором $X \in R^2$ в (2) после декомпозиции будет определяться оператором в виде функциональной матрицей $A \in C(R^{2 \times 2})$ с числовыми $(a_{11} = -1,54, a_{22} = -b)$, а также функциональными $(a_{12} = -x, a_{21} = x)$ параметрами, зависящими от фазовой координаты x первой подсистемы. При исследовании процессов в некоторой окрестности заданной точки x или в интервале $x^- \leq x \leq x^+$, где x^- , x^+ – минимальное и максимальное значения x , справедлива известная теорема Хопфа о продолжении решений системы уравнений (2) [13].

Преобразование Лапласа с параметром $s \in C$ для второй подсистемы в (2) и значений $x \in [x^-, x^+]$ определяется для декомпозированной подсистемы в (7) с функциональной матрицей $A(x)$ «локальную» передаточную функцию

$$W(s) = (Es - A)^{-1} B, \quad (3)$$

где числовые и функционально-матричные параметры имеют вид

$$A(x) = \begin{bmatrix} -1 & -x \\ x & -b \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} r \\ 0 \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Передаточная функция (8) описывает динамику локально линейной подсистемы уравнений Лоренца (2) с учетом связи подсистем. После декомпозиции эта подсистема с учетом теоремы о разделении Р. Калмана локально задается минимальной реализацией (3), т. е. передаточной функцией

$$W_1(s) = 1/(Ts + 1), \quad T = 1/\sigma, \quad W_2(s) = r(s + b)/[s^2 + (1 + b)s + b + x^2]. \quad (4)$$

Анализ систем (8) и (9) выполнен методами теории управления с учетом локальной адекватности уравнений в малой окрестности точки $x \in R$ и теоремы о продолжении решений на интервал изменения координат системы.

Амплитудно-фазовые частотные характеристики (АФЧХ) для локально, т. е. в динамическом режиме, линеаризованной подсистемы (2) для уравнения Лоренца позволяют анализировать динамические системы с учетом их свойств в окрестности точек линеаризации x . Из уравнений (8) следует, что координата x с одной стороны является «входом», а с другой – функциональным параметром второй подсистемы в (2). При из-

менении координаты в интервале $x^- \leq x \leq x^+$ можно анализировать амплитудно- и фазо-частотные характеристики, варианты которой даны на рис. 1.а и 1.б, и иллюстрируют их резонансный характер в диапазоне изменения частот, существенных для второй подсистемы. Для системы Лоренца возникает гипотеза о том, что ее дифференциальный оператор имеет подсистему с *непрерывным спектром* по классификации спектральных свойств операторов, данных в [11]. Это следует из свойства отображения отрезка $x^- \leq x \leq x^+$ с *мощностью континуума* на комплексную плоскость. Собственные значения функциональной матрицы подсистемы имеют вид

$$\lambda_{1,2}(x) = \left[-(1+b) \pm \sqrt{(1+b)^2 - 4(b+x)} \right] / 2, \quad (4)$$

где учтены связи корней и коэффициентов характеристического полинома подсистемы.

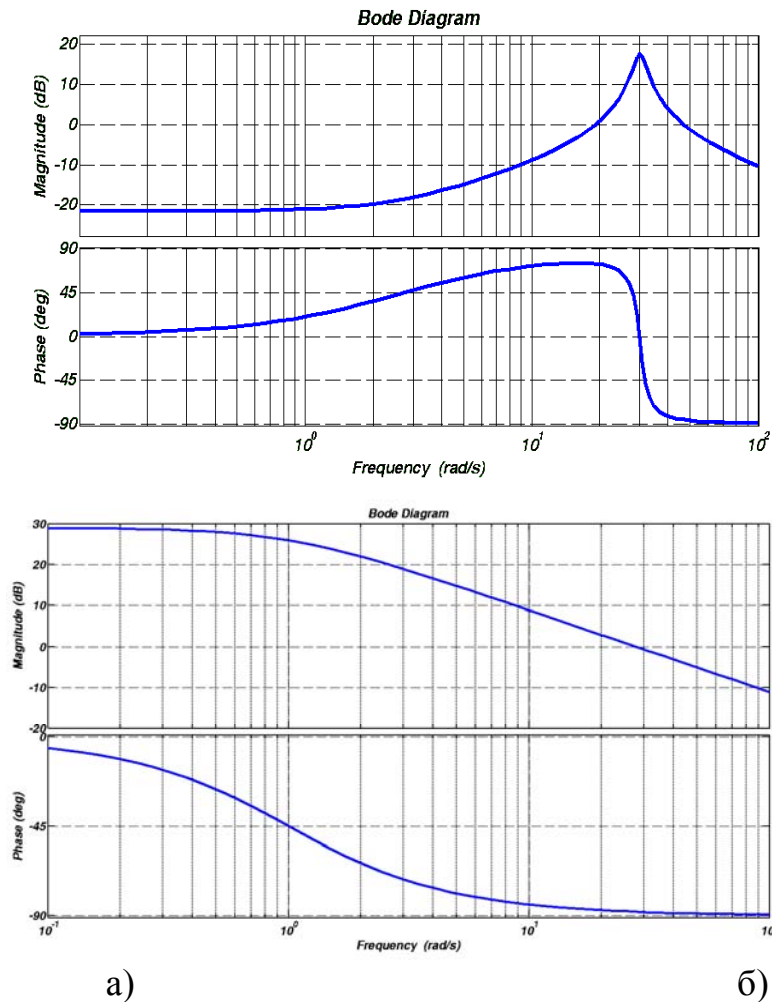


Рис. 1. Эволюция АФЧХ для линеаризованного на основе декомпозиции уравнения Лоренца на левой границе а) и в центре б) интервала изменения координаты $x^- \leq x \leq x^+$

Эволюция корней подсистемы в (2) как функций фазовой координаты x дана на рис. 2.

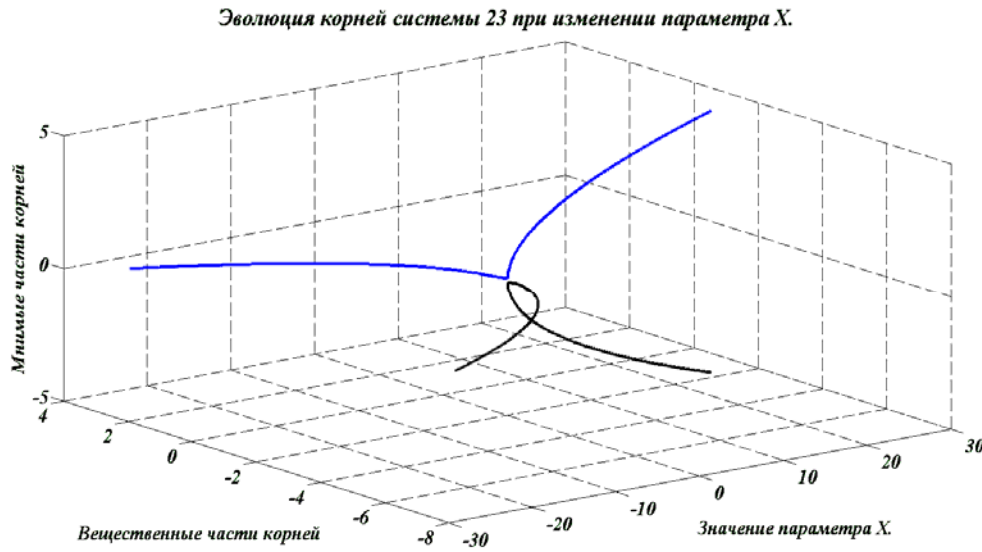


Рис. 2. Иллюстрация изменения знака и модуля вещественной части собственных чисел функциональной матрицы подсистемы в уравнении Лоренца (2) при изменении в интервале для координаты $x \in [-25, +25]$

Можно отметить, что в данной ситуации имеет место применение динамической (локальной) линеаризации и спектрального метода, которые могут быть основой для анализа методом спектральной локализации. При этом задача анализа формулируется как задача выделения совокупности «диагональных подсистем с блочными функциональными матричными операторами» $A_{ii}(x)$ и недиагональными матричными функциональными операторами $A_{ij}(x)$ для сложной динамической системы

$$x'_i = A_{ii}(x)x_i + \sum_{j=1}^n A_{ij}(x)x_j, \quad x(t_0) = x^0, \quad i = 1, \dots, n, \quad t \in [t_0, T], \quad (4)$$

где функциональные матрицы $A_{ii}(x), A_{ij}(x) \in C_{[t_0, T]}^s(R^{n_i \times n_i})$.

Другими словами указанные матрицы принадлежат пространству функциональных матриц с элементами, которые непрерывно дифференцируемы до s . Тогда в случае подсистем второго порядка или подсистем, порядок которых кратен двум, для анализа свойств локальной устойчивости системы (4) могут быть использованы условия устойчивости на основе собственных чисел указанных подсистем, которые обладают характеристиками, следующими из условий локальной устойчивости

$$\operatorname{Re} \lambda_j(A_{ii}(x)) \leq 0, \quad i = 1, \dots, n. \quad (5)$$

Аналогичные свойства могут быть сформулированы для систем разностных уравнений

$$x_{k+1}^i = A_{ii}(x_k)x_k^i + \sum_{j=1}^n A_{ij}(x_k)x_k^j, \quad x(k_0) = x^0, \quad i = 1, \dots, n, \quad k \in [k_0, k_T], \quad (6)$$

где с функциональными матрицами, обладающими соответствующими свойствами. Тогда характеристика множеств фазового пространства, обладающих свойствами локальной устойчивости, инвариантности или хаотической динамики может быть дана для совокупности подсистем дискретной системы (6) на основе интервального условия устойчивости

$$-1 \leq \lambda_j(A_{ii}(x)) \leq 1, \quad i = 1, \dots, n. \quad (7)$$

Таким образом, для анализа свойств систем могут быть использованы условия устойчивости подсистем, которые являются частью общей задачи исследования специальных, в частности, инвариантных множеств, а также регулярной или хаотической динамики сложных динамических систем.

Список литературы

1. Леонов Г.А. // Прикладная математика и механика. 1985. Т. 49. вып. 5. С. 800-863.
2. Леонов Г.А. // Прикладная математика и механика. 1983. Т. 47. № 5. С. 861-863.
3. Леонов Г.А. Дифференциальные уравнения. 1989. Т. 25. № 12. С. 2103-2109.
4. Крищенко А.П. Локализация инвариантных компактов динамических систем. Дифференциальные уравнения. 2005, том 416 № 12, с. 1597-1604.
5. Крищенко А.П. Локализация простой и сложной динамики в нелинейных системах. Дифференциальные уравнения. 2015, том 51, № 11, с. 1440-1447.
7. Lorenz E. N. «Deterministic Nonperiodic Flow» *J. Atmos. Sci.* 20, 130-141, 1963.
8. Козлов В.Н., Тростько И.У. Структурный критерий для анализа и регуляризации хаотических режимов в сложных динамических системах. Сб. «Фундаментальные исследования в национальных исследовательских университетах». Изд-во Политехн. ун-та. СПб.: 2011.
9. Козлов В.Н., Тростько И.У. К условиям возникновения хаотических режимов в динамических системах // Известия Международной академии наук высшей школы, № 2 (60). 2012.
10. Козлов В.Н., Тростько И.У. Регулярная и хаотическая динамика энергетических систем // Изв. РАН. Энергетика. 2016. № 1. С. 1-8.
11. Садовничий В.А. Теория операторов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1986. – 386 с.
12. Леонов Г.А. Нестационарная линейаризация динамических систем. М.: Наука. 2006.
13. Козлов В.Н. Негладкие системы, операторы оптимизации и устойчивость энергообъединений. Изд-во Политехн. ун-та. СПб.: 2012.-177 с.

Москинова Галина Ивановна,
канд. техн. наук, профессор

СИТУАЦИИ И ЗАДАЧИ ЦЕННОСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ. ИСТОЧНИКИ И ПРИРОДА ЦЕННОСТЕЙ

г. Москва, Национальный институт бизнеса,
galinamoskinova@gmail.com

Аннотация. Цель: Идентификация ситуаций и задач ценностного управления, источников и природы ценностей в естественных и искусственных сложных системах гомогенного типа. Метод: Системный анализ новой концепции современной теории управления – ценностного управления. Результаты и выводы: Классификации типов ситуаций и задач ценностного управления, источников и природы ценностей позволяют систематизировать и соотнести поле уже существующих теорий, моделей и методов, технологий и механизмов управления с ценностным управлением в сложноорганизованных системах.

Ключевые слова: общая теория управления, общие ценности, правила поведения (взаимодействия), ценностное (ценностноориентированное) управление, сложная система, гомогенная система, управление в живой природе и обществе, моделирование систем управления.

Galina I. Moskinova
Candidate of Technical Science, Professor

SITUATIONS AND TASKS VALUE-BASED CONTROL/ MANAGEMENT. SOURCES AND NATURE OF VALUES. BRIEF REVIEW

Moscow, National Institute of Business,
galinamoskinova@gmail.com

Abstract. Goal: Identification of situations and tasks value-based control/management, sources and nature of values in natural and artificial complex systems of homogeneous type. Method: Systems analysis the new concept of modern control/management theory – value-based control/management concept. Result and conclusions: Classifications allow us to systematize and correlate the field of already existing theories, models and methods, technologies and mechanisms of control and management with value-based control/management in complex systems.

Keywords: general control/management theory, common values, rules of behavior (interaction), value-based control/management, complex system, homogenous system, control/management in living nature and society, modeling of control and management systems.

1. Цели и ценности. Управление, ориентированное на ценности.

Кибернетика, заявив о фундаментальности закона «обратной связи» для систем управления любой природы, задала и основной вектор развития теории управления, как и общей теории систем, системного анализа [1-4] и др., который может быть определен понятиями управления: «цели», «иерархии», «рациональность» [5].

Границы применимости классического подхода к управлению, ориентированного на цели как результат деятельности, и возможности существования других подходов, в том числе альтернативных, начинают осознаваться к концу 1970-х гг. [6-15 и др.].

В этот период активно обращение к живой природе. Выдвигаются и исследуются новые идеи, связанные адаптацией, самоорганизацией систем живой природы [16-18]. Начинают разрабатываться различные теории управления развитием (изменениями) в социальных системах [19]. Наиболее яркий пример иного взгляда на источник и природу функционирования и развития сложных систем, в том числе систем живой природы, [20-21] – теория самоорганизации, или синергетика [22-24], где понятия цели не потребовалось для разработки аппарата и инструментария теории; однако исследуемые системные процессы, характеризуются определенными свойствами (установками, характерными им правилами протекания и т.п.), благодаря которым исследуемый объект можно рассматривать как систему.

Однако активный поиск и начало разработки, в определенном смысле, альтернативного традиционному – ценностноориентированного, или ценностного, подхода к управлению в сложноорганизованных системах следует отнести к началу 2000-х гг. [25-26]. Сегодня понятие «ценности» и производные от него: «ценностно-ориентированное управление», «управление на основе ценностей», «ценностное управление» и др., а также близкие по смыслу понятия «мягкого» управления, «умного» управления и др. используются повсеместно, усложняя их содержательную формализацию. Популярной литературы на эту тему немало.

Чрезвычайная популярность этих понятий, как и потребности в новом типе управления в системах социума, взаимосвязаны и вызваны серьезными причинами, требующими внимания [26]. Но вызванная этим востребованность литературы привела к появлению книг, прежде всего в сфере бизнеса, где, не раскрывая механизмов и технологий новой парадигмы управления, формулируются правильные лозунги о том, что революционная парадигма «адаптивного управления», основанная на принципах самоорганизации больших систем, –

это хорошо; что надо использовать последние достижения биологии, нанотехнологии и принципы самоорганизации живой природы в бизнесе, чтобы сделать любую компанию устойчивой в условиях постоянных изменений; что все это ведет нас от физики к биологии и от инженерных наук – к эволюции, от принципов управления «сверху вниз» – к принципам развития «снизу вверх» и от узкой эффективности – к широкой адаптивности [27]. Это интересно, но для отечественной литературы такая глубина профессионального анализа не достаточна. Контрпримерами этому могут служить, например, монографии и учебники [28-29], где предложены конструктивные механизмы, по сути, ценностного «не прямого», «умного» управления в бизнесе.

С другой стороны, популярность указанных терминов нередко усложняет понимание смыслов предлагаемых подходов к управлению другого типа. Так сравнительно новое направление «value based management» именуется в отечественной литературе как «ценностно-ориентированный менеджмент» [30], тогда как в данном случае слово «value» имеет явный смысл «стоимости». Данный подход к управлению фактически нацелен на рост стоимости компании для собственников (акционеров), и, по сути, общая идея подхода аналогична методу «цепочки ценностей» М. Портера, если в качестве доминирующего фактора принять не прибыль, а стоимость компании в классической парадигме целевого управления [19].

Ценностноориентированный, или ценностный, принцип управления основан на приоритете ценностей над целями, характерен для плоских гомогенных систем взаимодействующих активных элементов, т.е. способных, как минимум, к выработке собственных действий. Процессы и механизмы управления – эволюционные («генетические», «снизу») [25-26]. Именно общие ценности как системообразующий фактор объединяют сообщество активных элементов в систему.

Категория «общие ценности» многоаспектна и многослойна, имеет разную глубину смыслов и степеней формализации [26]. Для определенности будем рассматривать иерархию обобщенного понятия «ценности» в виде некоей системы внеситуативных принципов – жизненных установок, определенных норм и т.п., которые, в свою очередь, оформляются в систему правил поведения – взаимодействия активных элементов с другими активными элементами сообщества.

2. Источники и природа ценностей

Ценностный подход к управлению развивается как ответ на растущую сложность проблем современного мира, трудно преодолеваемых средствами классической теории управления даже с привлечением современных информационных и вычислительных возможностей [26]. Среди вызовов времени: возрастающая сложность и неопределенность и даже, локально, нарастающий хаос социума, необходимость учета активности человека как элемента любой социальной системы и пр.

Тем не менее, даже простейшие модели систем с управлением по ценностному типу демонстрируют при определенных наборах правил взаимодействия (не любых) способность системы к самопроизвольной самоорганизации – формированию устойчивых «подвижных» структур [31-32]. Устойчивая структура подвижна, если составляющие ее элементы могут перемещаться (не закреплены однозначно за «ячейками» структуры). Примеры гомогенных систем живой природы и социумов приведены в [25].

Среди разнообразия свойств ценностного управления [26], соглашаясь с [31-32], выделим два принципиально важных для развития ценностной концепции управления: 1) *активность* элементов системы и 2) *однородность* и *локальность* правил взаимодействий элементов.

Однородность, или гомогенность, означает, что правила взаимодействия одинаковы для всех элементов системы (либо для достаточно больших ее частей или подсистем); локальность – поведение каждого элемента системы зависит только от состояния соседних с ним элементов (т.е. от свойств системы только в окрестности данного элемента) и не зависит от характеристик и состояния всей системы. Однако современные коммуникационные возможности позволяют расширить среду непосредственных контактов (взаимодействия) участников сообщества без географической привязки, давая новые возможности развития методов и технологий ценностного управления.

Именно эти свойства являются источниками внутреннего самоуправления в ценностноориентированной гомогенной системе, «движущими силами» самоадаптации элементов и системы в целом, ее способности к самопроизвольной самоорганизации и, в конце концов, – к чрезвычайной устойчивости системы. Исследования показывают, что такие системы отличаются большой устойчивостью к дефектам, вызванным отсутствием или ошибками информации о состоянии элементов или отрицательным влиянием внешних возмущающих воздействий [25-26, 31-32]. В социуме классическим примером такой системы правил поведения являются Библейские заповеди.

Природа ценностей, отраженных в принципах и правилах взаимодействия, различна. Она во многом определяется и определяет ситуации и задачи ценностного управления и, соответственно, возможные механизмы управления. Выделим типы ситуаций и задач ценностного управления и рассмотрим для них природу ценностей.

3. Ситуации и задачи ценностного управления в гомогенной системе

Упрощенная модель ситуаций и задач ценностного управления в гомогенной системе как сообществе активных элементов, отличается отсутствием субъекта управления внутри и вне системы. Его «техническую» роль выполняют сами активные элементы благодаря наличию и

поддержанию системообразующего фактора – общих ценностей, обеспечивающих самоорганизацию и выраженных в конечном итоге в виде системы правил локального однородного взаимодействия элементов.

При этом система правил может быть задана извне системы, как это имеет место, например, в модельных экспериментах простейших гомогенных систем, когда возможные правила взаимодействия задавались разработчиком. Такие ситуации и механизмы самоуправления были исследованы при моделировании «маленького животного в большом мире» [8], моделировании процессов самоорганизации однородных элементов, взаимодействующих исключительно локально по единым правилам локального однородного взаимодействия [31, 32]. То же при разработке искусственных интеллектуальных систем, имитирующих модели и механизмы управления в живой природе: многоагентные системы поддержки принятия решений [33], модели и методы эволюционных вычислений [34], генетические алгоритмы [35].

Система правил взаимодействия элементов может формироваться естественным путем в ходе эволюции, а также в процессе развития и обучения особи – в виде безусловных и условных рефлексов. Модели и механизмы поведения систем и особей живой природы и социумов исследованы в [14].

В более сложных ситуациях самоуправления этого типа члены общества могут объединяться в коалиции на основании общих целей [36]. Объединение на основе общих ценностей, отличающихся от большинства, внутри гомогенной системы возможно, но оно до определенной «критической массы» безопасно для устойчивости сообщества [37].

Возможны другие постановки задач управления в гомогенных системах, являющиеся естественным расширением первой. Так, реализуя самоуправление, коллектив может сам договориться (принять извне или выработать), по каким правилам «жить». При этом, разумеется, вопрос полноты системы правил такого рода является важной задачей. Историческими примерами способов выработки таких правил являются, например, «Новгородское вече», казачий «сход» и др. Наконец, возможны постановки задач управления с выделением субъекта управления – Центра, который однако, согласно природе ценностного управления, выполняет роль не столько арбитра, сколько обобщающего высказывания (управление «снизу»).

Возможность такой договоренности предусмотрена, например, в известной деловой игре «У озера». В ней участники в процессе игры, как правило, приходят к пониманию необходимости выработать и часто вырабатывают единые (общие) для всех участников правила поведения, которые предотвращают выход в состояние полного хаоса и обеспечивают устойчивое функцио-

нирование и даже постепенное развитие всех и каждого участника в некоей общей для всех внешней среде.

4. Ситуации и задачи ценностного управления гомогенной системой

Иной тип ситуаций и задач управления гомогенной системой активным внешним субъектом – Центром. Именно для такого управления используются термины: собственно «мягкое», «умное», не прямое и т.п. Центр в отношении гомогенной системы активен, преследует собственные цели и интересы, которые условно могут быть определены как позитивные и негативные.

В первом случае Центр позитивен, не в его интересах разрушить гомогенную систему, его интересы – продолжать управлять сообществом как гомогенной системой, взаимодействуя с ней и реализуя свои не агрессивные цели. Такие модели ситуаций и задач управления заявлены и исследованы в теории активных систем [15] и являются предметом исследования в активно развиваемой теории организационного управления [28-29], в рамках которой разрабатываются механизмы управления, по сути – гомогенной системой. Типовая модельная ситуация: Центр задает некоторые «правила игры», извещает о них активным элементам – агентам системы. Гомогенная система представляется в виде модели черного ящика. После получения информации о совокупной реакции системы Центр может подать скорректированный сигнал и т.д.

Примеры подобных ситуаций вполне типичны для бизнеса (когда он не агрессивен – не настроен на «уничтожение» соперника), например, в маркетинге: ситуации взаимодействия производитель-потребитель на рынке массового продукта/услуги и др. [19]. В менеджменте подобные ситуации исследуются в различных теориях: от теорий человеческих отношений и теорий поведения до современных теорий управления развитием или теорий управления изменениями [19, 38]. Представляется, что концепция ценностного управления может быть востребованной, например, для развития теории институциональной экономики [39-40], в других областях знаний.

Иные механизмы управления разрабатываются и, к сожалению, находят все большее применение в ситуациях с негативным Центром (Арбитром). Примеры таких ситуаций с агрессивным воздействием на систему, в той или иной степени гомогенную в смысле общих ценностей определяются следующими понятиями: сетевые и гибридные войны [41-42], терроризм [43-45], управляемый хаос [46-47], цветные революции [48-50] и др. Понятно, что знать механизмы воздействий и уметь им противостать важно в современной реальности.

Список литературы

1. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник. / Под ред. В.Н. Волковой и А.А.Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006, с.742-749.
2. Волкова В.Н. Теория систем и системный анализ: Учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Юрайт, 2013. – 616 с.
3. Волкова В.Н. Системный анализ информационных комплексов: учебное пособие / В.Н. Волкова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – 335 с.
4. Moskinova G.I. Systems analysis as the universal methodology of knowledge / Moskinova G.I, Moskinov A.V. // Systems analysis in engineering and management/ Proceed. of the Intern. scien. and pract. conf. Best papers of the conf. 1-3 Jule 2014, SPb, 2015, p. 35-40.
5. Москинова Г.И. Управление в организационных системах: задачи, стратегии, методы управления. – Кемерово, Кемеровск. гос. унив-т, 1992. – 96 с.
6. Моисеев Н.Н. Алгоритмы развития / Н.Н. Моисеев – М.: Наука, 1987 – 302 с.
7. Моисеев Н.Н. Расставание с простотой / Н.Н. Моисеев – М. : Аграф, 1998 – 472 с.
8. Цетлин Л.М. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем / М.Л. Цетлин – М.: Наука, 1969. – 316 с.
9. Шрейдер Ю.А. Системы и модели / Ю.А. Шрейдер, А.А. Шаров. М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
10. Шрейдер Ю.А. Ценности, которые мы выбираем: Смысл и предпосылки ценностного выбора / Ю.А. Шрейдер. – М.: Эдиториал, 1999 – 206 с.
11. Щедровицкий Г.П. Принципы и общая схема методологии организации системно-структурных исследований и разработок (~ 1976г.)/ Г.П. Щедровицкий // Щедровицкий Г.П. Избранные труды. – М.: Шк. Культ. Полит., 1995. С. 88-114.
12. Щедровицкий Г.П. Системное движение и перспективы развития системно-структурной методологии (~ 1974г.) / Г.П. Щедровицкий // Щедровицкий Г.П. Избранные труды, М.: Шк.Культ.Полит., 1995, с. 57-87.
13. Щедровицкий Г.П. На досках. Публичные лекции по философии Г.П. Щедровицкого / Г.П. Щедровицкий – М.: Школа культурной политики, 2004. – 196 с.
14. Гаазе-Рапопорт М.Г. От амебы до робота: Модели поведения / М.Г. Гаазе-Рапопорт, Д.А. Поспелов – М., Наука, 1987. - 284 с.
15. Бурков В.Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 1999. – 125 с.

16. Докинз Р. Эгоистичный ген / Р. Докинз; Пер. с англ. – М.: Мир, 1993 – 316с.

17. Лима-де-Фариа А. Эволюция без отбора: Автоэволюция формы и функции / А. Лима-де-Фариа; Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 455 с.

18. Матурана У.Р. Древо познания: Биологические корни человеческого понимания / У.Р. Матурана, Ф.Х. Варела. – М.: Прогресс-Традиция, 2001. – 223 с.

19. Москинова Г.И. Стратегический менеджмент: Учеб. пособие в таблицах и схемах. В 2-х ч. / Г.И. Москинова // Изд. 2-е, доп. – М.: Изд-во НИИБ, 2011. – 314 с.

20. Москинова Г.И. Моделирование целесообразного поведения организаций: механизмы самоорганизации, адаптации, регулирования. / Г.И. Москинова // VI Национальная конференция по искусственному интеллекту КИИ-98. Сб. науч. трудов. Т. 2, Пушкино, М., 1998, с. 692-699.

21. Москинова Г.И. О природе и механизмах самоорганизации и самоуправления в естественных сложно организованных системах / Г.И. Москинова // В сб.: "Системный анализ в проектировании и управлении": Труды XVI Междунар. конф. Ч. 1., СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012, с. 33-36.

22. Хакен Г. Информация и самоорганизация: макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен; пер. с англ. – Изд. 2-е, доп. М.: URSS: КомКнига, 2005. – 245 с.

23. Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / С.П. Курдюмов. – М.: ИПМ, 1990. – 45 с.

24. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент / Г.Г. Малинецкий. – Изд. 6-е. М.: Либроком, 2009. – 308 с.

25. Москинова Г.И. К истокам моделирования гомогенных ценностноориентированных систем живой природы и общества / Г.И. Москинова, А.В. Москинов // В сб. трудов XX Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM'2017", СПб.: Изд-во ЛЭТИ, 2017, с. 362-365.5.

26. Москинова Г.И. Целе- и ценностноориентированное управление / Г.И. Москинова // В сб.: "Системный анализ в проектировании и управлении": Труды XXI Междунар. конф. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2017.

27. Мейер К. Живая организация. Компания как живой организм: грядущая конвергенция информатики, нанотехнологии, биологии и бизнеса / К. Мейер, С. Дэвис; Пер. с англ. – М.: Изд-во «Добрая книга», 2007. – 368 с.

28. Бурков В.Н. Введение в теорию управления организационными системами: учебник / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков. – М.: URSS, 2009. – 261 с.

29. Механизмы управления: учебное пособие / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: URSS, 2010. – 192 с.

30. Волков Д.Л. Теория ценностно-ориентированного менеджмента: финансовый и бухгалтерский аспекты / Д.Л. Волоков; 2-е изд. – СПб.: Изд-

во «Высшая школа менеджмента»; Издат. дом С.-Петерб. гос. ун-та, 2008. – 320 с.

31. Филиппов В.Б. Управление глобальными процессами посредством локальных однородных взаимодействий. Компьютерное моделирование / В.Б. Филиппов // Анализ систем на пороге XXI в. т. IV. Труды Междунар. конф., М.: Интеллект, 1996. – с. 279-284.

32. Прангишвили И.В. Системные законы и закономерности в электродинамике, природе и обществе / И.В. Прангишвили, Ф.Ф. Пашенко, Б.П. Бусыгин. – М.: Наука, 2001. – 524 с.

33. Таранников Н.А. Разработка многоагентной системы поддержки принятия решений на основе многокритериальных методов анализа иерархий и аналитических сетей: монография / Н.А. Таранников. – Волгоград: Политехник, 2007. – 72 с.

34. Курейчик В.В. Теория эволюционных вычислений: монография / В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, С.И. Родзин. М.: Физматлит, 2012. – 260 с.

35. Гладков Л.А. Генетические алгоритмы: учебник / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – Изд. 2-е испр. и доп. М.: Физматлит, 2010. – 365 с.

36. Гермейер Ю.Б. Игры с непротивоположными интересами / Ю.Б. Гермейер. – М.: Наука, 1976. – 327 с.

37. Хомяков П.М. Системный анализ: экспресс-курс лекций / П.М. Хомяков. – Изд. 5-е. М.: URSS, ЛЕНАРД, 2016. – 211 с.

38. Виханский О.С. Менеджмент: учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов; 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Магистр, ИНФРА-М, 2014. – 655 с.

39. Норт Д. Пять тезисов об институциональных изменениях // Квартальный бюллетень клуба экономистов. – Минск: Пропилен, 2000. - Выпуск 4.

40. Клейнер Г.Б. Эволюция институциональных систем / Г.Б. Клейнер. – М.: Наука, 2004.

41. Харрис Ш. Кибервойн@. Пятый театр военных действий / Ш. Харрис; пер. с англ. – М.: АНФ, 2016. – 389 с.

42. Hartman U. Hybrider Krieg als neue Bedrohung von Freiheit und Frieden / U. Hartman. – Berlin: Males-Verl, 2015. – 112 p.

43. Колотков М.Б. Терроризм и государство: монография / М.Б. Колотков. – М.: Юрлитинформ, 2017. – 183 с.

44. Коммуникация и терроризм: коллективная монография / Д.Ю. Базаркин, М. Джорич, Е.Н. Пашенцев, Д. Симеунович. – М.: МЦСПИК, 2015. – 188 с.

45. Терроризм: борьба и проблемы противодействия: учебное пособие / Под ред. С.А. Солодовникова; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ : Закон и право, 2015. – 239 с.

46. Controlling chaos and bifurcations in engineering systems / Ed. By Guanrong Chen. Boca Raton ets: CRC press, Cop, 2000 – XVII. – 648 p.

47. Корякин В. Хаосомятеж – символ наступившей эпохи. - [http://www.oborona.ru/](http://www.oborona.ru/includes/periodics/geopolitics/2013/0306/095110313/print.shtml) in-

cludes/periodics/geopolitics/2013/0306/095110313/print.shtml
48. Карпович О.Г. Цветные революции. Теория и практика демонтажа современных политических режимов: монография / О.Г.Карпович, А.В. Манойло. – М.: ЮНИТИ: Закон и право, 2015. – 115 с.

49. Родькин П.Е. Революция потеряла цвет: «цветные революции» 2004-2014: гуманитарный и коммуникационный феномен войны нового типа / П. Родькин. – М.: Совпадение, 2015. – 115 с.

50. Гапич А.Э. Технологии цветных революций / А.Э. Гапич, Д.А. Лушников; 2-е изд. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 126 с.

УДК 681.5

Десятирикова Елена Николаевна,
д-р .экон. наук, профессор кафедры АТПиП
Елесютикова Виктория Семеновна,
Суликаева Анна Сергеевна
студенты

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

г.Воронеж, Воронежский государственный технический университет,
science2000@ya.ru

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ существующих методик оценки эффективности инновационных проектов. Выявляются достоинства и недостатки рассматриваемых методик для оценки текущих показателей инновационного проекта. Авторами статьи предлагается использовать в качестве универсальной метрики оценки инновационного эффекта энергетический потенциал, реализованный в единицу времени, – параметр, являющийся инвариантом к любой системе измерения, как это определено в теории устойчивого развития систем.

Ключевые слова: инновация, мониторинг развития инновационного проекта, индикаторы и метрики инновации, концепция устойчивого развития.

Desyatirikova Elena N.
Doc. of econ.sc., Prof.
Victoria Elesyutikova,
Anna Sulikaeva
Students

ANALYSIS OF THE PRINCIPLES OF MANAGEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF COMPLEX SYSTEMS

Voronezh, Voronezh State Technical University, science2000@ya.ru

Abstract. The existing methods of evaluation of efficiency of innovative projects based on the rules of calculation of the summary innovation index, which includes various indicators given to a single metric assessment. Such methods have a number of disadvantages. In the article it is offered to use as a universal metric estimate the innovative effect of the energy potential, realized in a unit of time – parameter, which is invariant to any system of measurement as defined in the theory of sustainable development of the systems.

Keywords: innovation, monitoring, development of innovative projects, indicators and metrics of innovation, the concept of sustainable development.

Введение

Инновационные разработки обладают рядом особенностей по сравнению с традиционными экономическими проектами, так как их особенность состоит в уникальности каждой новации и отсутствии аналогов ее реализации, поэтому не существует однозначного подхода к определению инновационного проекта.

Инновационный проект – это совокупность мероприятий, направленных на создание, освоение производства и рынка конкретного продукта (услуги), обладающего научно-технической новизной и удовлетворяющего новые потребности.

В настоящее время зарубежные и отечественные методики оценки инноваций используют понятие инновационного потенциала. По отношению к данному термину также не существует однозначной трактовки.

Рассмотрим инновационный потенциал, как запас возможностей, энергетических и информационных ресурсов для создания нового продукта, услуги, технологии, в соответствии с принципами, лежащими в основе данной работы.

1. Обоснование необходимости изменения подходов, применяемых для оценки инновационного проекта

В Европе анализом инновационного потенциала бизнеса занимается центр PRO INNO Europe ®. Он был создан по инициативе Генерального директората по предпринимательству и промышленности, с целью извлечения уроков из лучших проектов. Для усовершенствования инновационной политики и разработки новых проектов, обеспечивающих комплексный стратегический подход, центр состоит из пяти блоков. Основной функцией центра является анализ инновационного потенциала государств Европейского Союза, а так же мониторинг инновационного кли-

мата, осуществляемого с помощью INNO- метрик, состоящих из Scoreboard (EIS) и Innobarometer.

На ежегодной основе EIS проводит тесты инновационной деятельности. Применяемая методология включает объединенные в три блока индикаторы: инфраструктуру, инновационную деятельность фирм, а также человеческие ресурсы. Рейтинг EIS складывается на основе индексов отдельных блоков.

С помощью анализа конкретных аспектов инновационной деятельности, путем опроса случайно выбранных компаний в ЕС Innobarometer дополняет результаты EIS. В результате вычисляется суммарный инновационный индекс, который рассчитывается как в абсолютных значениях, так и в приведенных единицах. Таким образом можно проследить все индикаторы инновационной динамики для любого государства Евросоюза.

Недостатками оценки на основе количественных метрик является: отсутствие текущих показателей качества внедряемых новаций, а также несоизмеримость количественных оценок различных показателей.

При управлении инновациями как невозможно придерживаться одного плана проекта, так и нельзя заранее предсказать всех промежуточных результатов и событий. Поэтому появляется проблема измерения текущего состояния и принятия решения по дальнейшему изменению инновационной системы. Так как проект предполагает наличие четкой последовательности операций, сетевой график, распределенный во времени, с заданными связями и рассчитанными сроками исполнения управление нельзя осуществить стандартными методами.

Инновационный проект требует другого примера управления, позволяющего следить за соблюдением причинно-следственных связей развития системы. Для этого необходима система показателей, характеризующая процесс реализации проекта.

2. Теоретическое обоснование выбора показателей инновационного потенциала

Концепция устойчивого развития имеет достаточную теоретическую базу, которая была развита такими учеными, как Дж. Максвелл, Никола Тесла, Сергей Подолинский и Побиск Кузнецов. Она базируется на понятии пространственно-временного континуума и законе сохранения мощности.

Для выбора метрики эффективности выполнения инновационного проекта будем использовать результаты исследований данного направления [1]. Представим инновационные проекты как открытые, неравновесные сложные системы.

Признаком открытости является то, что частью физического мира являются искусственные социально-экономические системы, существующие в постоянном взаимодействии с окружающей средой. В свою очередь, признак неравновесности предполагает, что система находится в движении, изменяет свое состояние под действием сил. Так как система устойчива, следовательно в ней невозможна смена состояний, а значит, невозможен прогресс или регресс. Важным выводом является то, что главным фактором для сложных динамических систем является не устойчивость состояния, а устойчивость развития.

Задача управления такими системами сводится к мероприятиям по обеспечению устойчивого развития этих систем в соответствии с фундаментальными законами развития и, прежде всего, законом сохранения мощности. Принятие решения по управлению базируется на информации об изменении скорости преобразования и должно быть направлено на выработку управляющего воздействия, способствующего увеличению полезной мощности, которая создается системой.

Представим систему инноваций в виде черного ящика, для отображения существующих энергетических потоков в данной системе. На рисунке 1 представлена схема энергетических потоков.

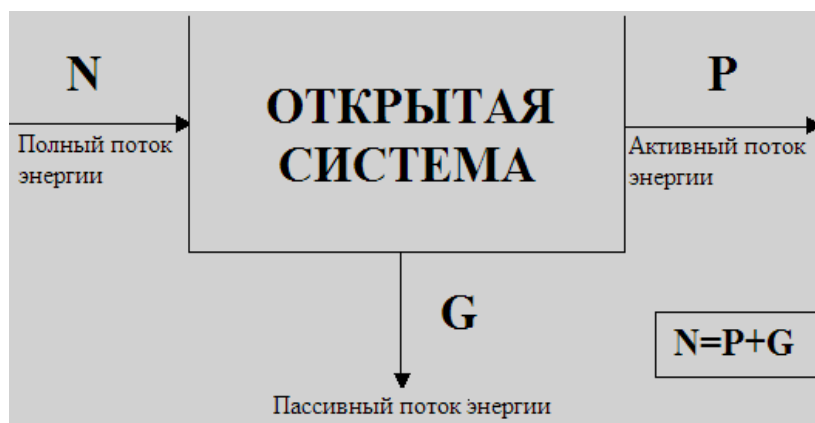


Рис. 1. Схема энергетических потоков в системе

Введем следующую формальную модель для определения полезной энергии инновационной системы, значение которой в единицу времени и будем считать главным показателем эффективности инновационного проекта.

Энергетическим потенциалом реализованным в единицу времени является мощность, единицей измерения которой является Ватт. Таким образом, системе, для того, чтобы осуществить движение во времени и пространстве под воздействием приложенной силы, т.е., чтобы изменить возможные значения показателей системы, надо перейти в другое состояние, совершить движение.

2. Полная мощность системы

$N = P + G$, где N – полная мощность, P – активная (полезная) мощность, G – мощность потерь. В соответствии с законом сохранения мощности: $0 = P + G_1$, где $G_1 = G - N$. При: $G_1 > 0$ диссипативные процессы (рассеивание энергии); $G_1 < 0$ антидиссипативные процессы (накопление энергии); $G_1 = 0$ переходные процессы. Для эффективного функционирования системы необходимо соблюдать отношение $G_1 < 0$.

Энергетический потенциал инновации выразим через три составляющих: энергетический потенциал управления; энергетический потенциал материальных ресурсов; энергетический потенциал информационных ресурсов (потенциал новации).

Мощность потерь – это затраты труда, расход энергии на воспроизводство, неэффективное управление и процессы, которые не способствуют приросту энергии.

Полезная мощность – результат труда, в виде материального продукта, творческой мысли, который человек потребляет в процессе жизнедеятельности на стадии развития.

Полная мощность – это мощность источника энергии. В устойчиво развивающихся системах, полезная мощность увеличивается, увеличивая полную мощность на каждом шаге функционирования, следовательно, во временном измерении, в следующем периоде значение полной мощности возрастает. Оценить данный прирост можно используя значение коэффициента полезного действия.

$$\eta = \frac{P}{N} \quad (1)$$

где P – полезная мощность, N – полная мощность. Полезная мощность P – это совокупный продукт за определённое время:

$$P(t) = \eta * N(t - 1) \quad (2)$$

Полная мощность N – это суммарное энергопотребление за определённое время. В свою очередь, уравнение мощности на входе в объект описывает суммарное потребление природных ресурсов за определенное время. Эквивалентной единицей измерения выступает единица инновационной мощности, с помощью которой можно измерить энергетический потенциал новации.

Рассмотрим различные ситуации для инновационной системы:

В процессе функционирования системы осуществляется преобразование энергии из одного вида в другой.

При начальном значении энергетического потенциала необходимо применение силы, которая обеспечит импульс движению системы в пространстве состояний.

Для реализации концепции устойчивого развития, необходимо выработать такую систему показателей, которые будут выражены в единицах мощности и, разработав индикаторную панель для оценки и анализа инновационного проекта с позиций устойчивого развития, получить мощное инструментальное средство управления инновационными проектами.

4. Методика оценки потенциала инновационного проекта на основе измерения энергетического потенциала в единицу времени

Методика оценки потенциала инновационного проекта предполагает реализацию этапов, обеспечивающих параметрический синтез на основе цели осуществления инновации, а так же проведение анализа объекта инновационной деятельности.

На первом этапе анализа происходит выявление параметров, подлежащих количественной энергетической оценке. Далее осуществляется этап разработки индикаторной панели, позволяющей оценить эффективность инновационного проекта в мощностных единицах. Третьим является этап мониторинга инновационного проекта, а так же расчет интегрированного значения, являющегося критерием эффективности проекта. Если показатель $P(t)$ увеличивается, соответственно происходит и увеличение полезной мощности, свидетельствующей об успешности проекта. Соответственно, при уменьшении показателя, производится принятие решения по структурно-функциональной корректировке.

Заключение

1. При оценке потенциала инновации необходимо осуществлять мониторинг текущих показателей с целью определения эффективности на конкретном этапе выполнения.

2. Корректная оценка проекта должна базироваться на показателях, подчиняющихся универсальной метрической системе и приводящихся к единой универсальной единице измерения.

3. В рамках предложенной методики аргументирован выбор универсальной меры измерения устойчивого развития – показателя полезной мощности системы, вырабатываемой в единицу времени.

4. Методика оценки инновационного проекта базируется на определении этапов мониторинга текущего состояния и определения показателя полезной мощности системы на каждом этапе реализации проекта, что позволяет инструментально оценить эффективность деятельности.

Список литературы

1. Десятирикова Е. Н., Лавлинская О. Ю., Рудакова М. Н. Анализ принципов управления инновационными проектами с позиций теории ус-

тойчивого развития сложных систем/ Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. - №2. – 2012. – с.106-111.

УДК 65.011

Туккель Иосиф Львович,
д-р. техн. наук, профессор
Цветкова Надежда Андреевна,
ст. преподаватель
Коваленко Наталья Олеговна,
магистрант

О СТРУКТУРЕ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого
nadezhdaat@gmail.com

Аннотация: Развивается системный подход к описанию инновационных систем различного уровня. Структура национальной инновационной системы, региональной инновационной системы и инновационной системы предприятия представлена с использованием моделей «черный ящик» и «белый ящик».

Ключевые слова: национальная инновационная система, характеристики сложных систем, структура управления инновационной системой

Iosif L. Tukkel,
Doctor of Technical Sciences, Professor
Nadezhda A. Tsvetkova,
Senior lecturer
Natalia O. Kovalenko
Master's student

ABOUT THE STRUCTURE OF INNOVATION SYSTEMS

Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
nadezhdaat@gmail.com

Abstract: In this paper, we focus on the development of a systematic approach for the description of innovation systems at different levels. We present structures of national innovation system, regional innovation system and corporate innovation system using the “black box” and “white box” models.

Keywords: national innovation system, complex systems characteristics, structure of the innovation system management.

Концепция национальной инновационной системы (НИС) начала формироваться в 80-х годах XX века и является одним из выдающихся научных достижений столетия. Определение "национальная" однозначно интерпретируется как "государственная" инновационная система. НИС включает в себя региональные и отраслевые инновационные системы, может являться частью наднациональных инновационных систем и глобальной инновационной системы. Каждая инновационная система обладает своей спецификой и развивается под влиянием национальных и исторических особенностей, именно поэтому не существует типовых национальных или региональных инновационных систем [1, 2].

Считается, что впервые термин «национальные инновационные системы» был введен в 1982 году в неопубликованной работе Кристофера Фримена в документе под названием «Технологическая инфраструктура и международная конкурентоспособность», где подчеркивалась важность активной роли правительства в продвижении технологической инфраструктуры [3, 4]. Изначально НИС трактовалась достаточно узко: в основе были такие факторы, как наука и технологии, и они определяли среду, в которой действуют компании. Затем Б.-А. Лундвалл расширил понятие НИС и показал, что уровень развития технологий определяется национальными особенностями развития страны, характеристиками институциональной среды [5].

На сегодняшний день утверждаются следующие основные признаки инновационных систем:

- переход к нелинейной модели инновационного процесса, предусматривающей циклическую взаимосвязь всех элементов и подсистем НИС, ориентацию модифицирующих и улучшающих инноваций на спрос ("вытягивание" рынком), а прорывных инноваций — на предложение ("технологический толчок" формирует спрос);
- инновационные системы являются эволюционными, динамическими экосистемами, адаптирующимися под особенности экономического и социально-политического развития;
- развитость инфраструктуры и интерфейсов определяет устойчивость и управляемость инновационных процессов в целом;
- использование аналитического инструментария при разработке инновационной политики, прогнозов и для планирования.

Формирование шестого технологического уклада, основанному на высоких, конвергентных, технологиях, формирование экономики знаний взаимообуславливают изменения, которые происходят в глобальной ин-

новационной системе: растет интенсивность инновационных процессов, сокращаются сроки создания инноваций, разработчиками и потребителями становятся новые участники инновационной деятельности.

НИС (а также региональная инновационная система, РИС) – это открытая сложная система, развитие и адаптация которой под изменяющиеся условия функционирования должны происходить в процессе ее эксплуатации.

Сложная система подразумевает многозвенную структуру большого порядка с нелинейной обратной связью. «Цепь обратной связи» обозначает ситуацию в системе для любого момента принятия решения — управляющее воздействие формируется путем сравнения текущего значения задания с текущим значением выходного сигнала. Решение определяет последовательность действий, изменяющих состояние системы и вызывающих новый поток информации, на котором базируется новое решение.

Можно выделить следующие характеристики сложных систем:

- Система большого порядка. «Порядок» системы определяется количеством уравнений (или состояний) аналитического описания системы. Сложными принято считать системы более высокого порядка, чем четвертый-пятый. Социально-экономическую систему следует рассматривать как сложную систему (от десятого до сотого порядка).

- Многозвенная система и, как правило, содержит более трех цепей обратной связи. Взаимодействие между цепочками обратной связи в большой степени определяет характер сложной системы. Положительная обратная связь прогнозирует все процессы роста. Цепи отрицательной обратной связи — это цепи поиска цели, регулирующие систему в направлении заданной цели. Цепи положительной обратной связи — это цепи отклонений от цели, экспоненциально отклоняющие систему от некоторой точки неустойчивого равновесия.

- Нелинейная система. Многозвенная перестройка по нелинейным функциональным зависимостям делает сложную систему чрезвычайно чувствительной к большинству параметров системы. Нелинейность, будучи правильно понята, позволяет легко имитировать модели системы с реалистичными динамическими характеристиками. Понимание динамики поведения социально-экономической системы возможно только при использовании нелинейных моделей. Понятием нелинейности легко оперировать, если отказаться от аналитического решения системы уравнений, описывающих систему, и перейти к имитационному моделированию системы.

- Мультидисциплинарность. Для понимания сложных систем нужно

устранить барьеры между различными дисциплинами, областями знаний. Внутри одной и той же системы следует учитывать наличие технических, экономических, психологических, культурных, политических и других взаимодействий. Если в процессе изучения системы эти отдельные факторы будут изолированы, их взаимодействие не будет учтено.

Развивая системный подход к описанию инновационных систем [6], структуру НИС (а также структуру РИС и инновационной системы предприятия, ИСП) можно представить с использованием известных в теории систем моделей «черный ящик» и «белый ящик». На рис. 1 представлена модель «черного ящика», где:

- Векторы входных переменных – материя (М), энергия (Э) и информация (И).
- Факторы внешней среды, воздействующие на систему, представляют собой природу (П), общество (S, социальная составляющая) и экономику (ε).
- Выходные переменные системы – результаты, достигаемые цели: экономические (Е), технические (Т), аксиологические (А).
- Инструментами – системный подход, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы с точки зрения: структуры, функций и комплексного развития (синергетический подход).

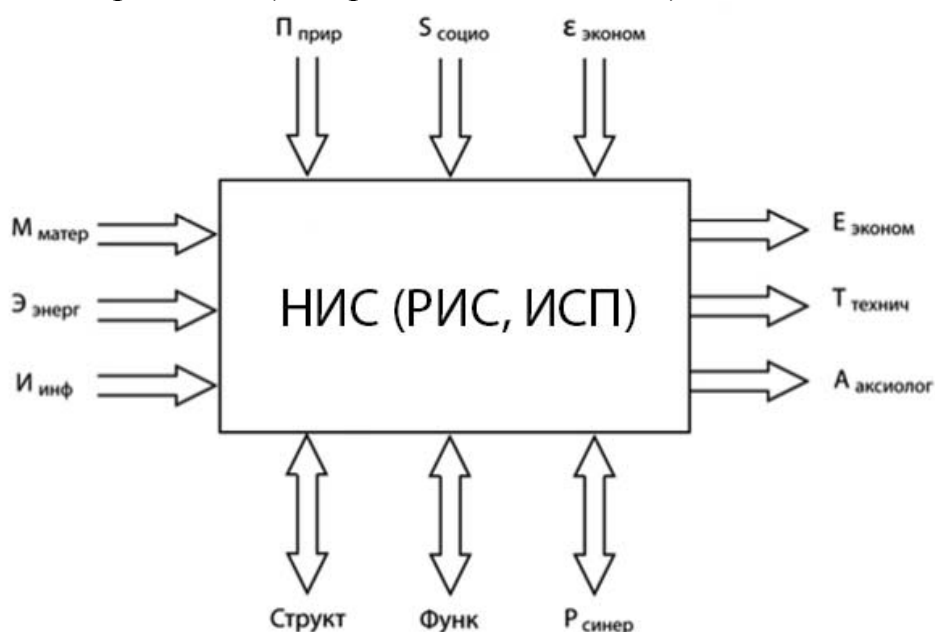


Рис. 1. Модель инновационной системы «черный ящик»

На рис. 2 приведена структура управления инновационной системы, в цепь нелинейной обратной связи которой введено звено «Монитор», обеспечивающее систематический сбор, обработку информации и непрерывный контроль инновационного процесса: сбор данных и анализ результатов, отслеживание динамики изменения состояния системы, выяв-

ление тенденций развития инновационных процессов.

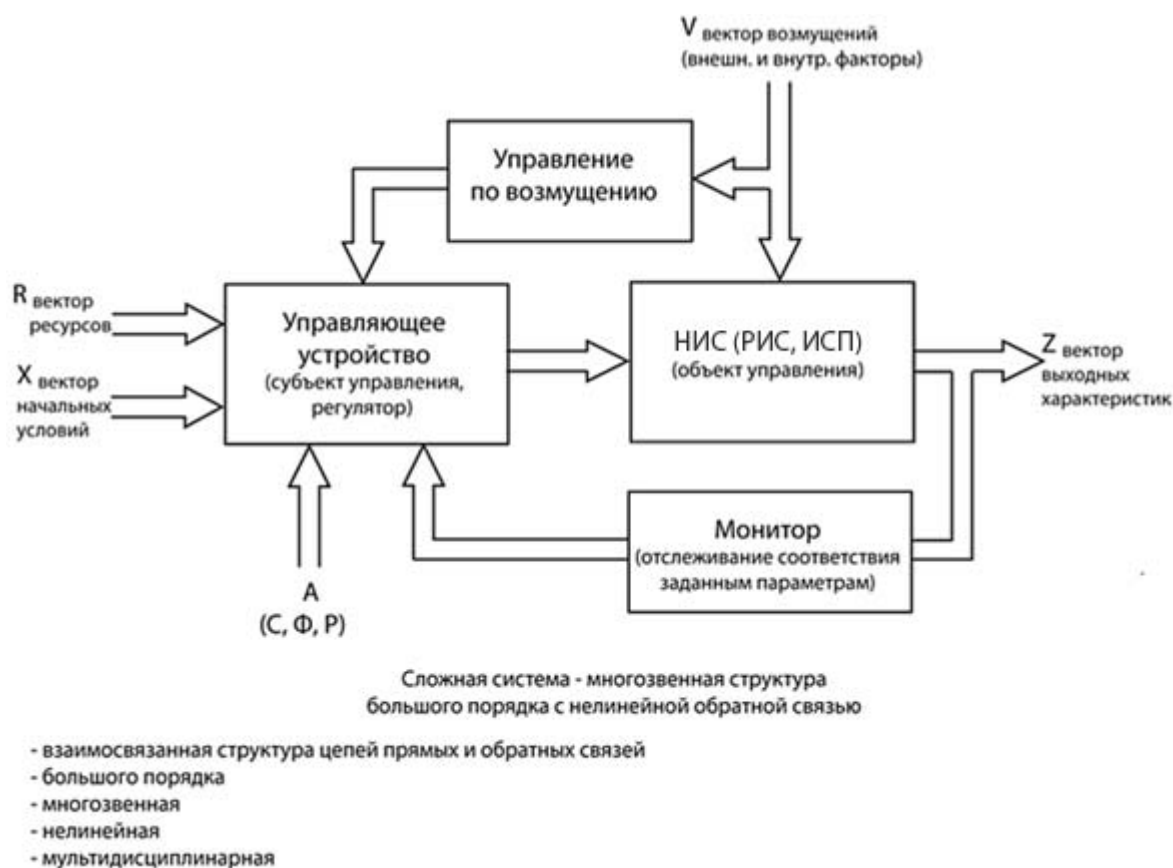


Рис. 2. Модель инновационной системы «белый ящик»

Инновационная система предприятия является подсистемой региональной инновационной системы и начальным звеном в структуре национальной инновационной системы. Стоит отметить, что многие компании являются межрегиональными и международными, что усложняет процесс изучения функционирования ИСП в рамках определенной РИС и НИС.

Первым, кто дал определение инновационной системы предприятия, был шведский исследователь У. Гранстренд, который на базе существующих определений и концепций национальной инновационной системы, региональной инновационной системы, технологической системы и экономической системы определил ИСП как совокупность субъектов, мероприятий, ресурсов, институтов и причинных связей, которые необходимы для эффективной инновационной деятельности корпорации [7].

Эффективность инновационной системы предприятия базируется на грамотном стратегическом менеджменте, который характеризуется автономностью принятия решений относительно стратегий инновационного развития компании. Влияние национальных и региональных стратегий существенно, но не является определяющим, а лишь формирует границы и условия функционирования инновационной системы предприятия.

Список литературы

1. Деттер Г.Ф., Туккель И.Л. О принципах проектирования региональных инновационных экосистем. – Инновации. – 2016. – № 1 (207). – С. 70-78.
2. Туккель И.Л. Концептуальные подходы к формированию локальных (региональных) инновационных систем. Материалы II Всерос. фестиваля науки. – 2013. – С. 217-224.
3. Freeman C. Technological Infrastructure and International Competitiveness // unpublished paper for the OECD Expert Group on Science, Technology, and Competitiveness. – 1982.
4. Johnson B., Edquist C., Lundvall B.-A. Economic Development and the National System of Innovation Approach [Electronic resource] / First Globelics Conference, Rio de Janeiro November 3–6, 2003. – P. 3
5. Lundvall B.-A. National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. L.: Pinter, 1992. – Pp. 317.
6. Селиванов С.Г. Инноватика / С. Г. Селиванов, М. Б. Гузаиров, А. А. Кутин. – Москва. – 2008. – 721 с.
7. Granstrand O. Corporate Innovation Systems A Comparative Study of Multi-Technology Corporations in Japan, Sweden and the USA. – Chalmers University of Technology, Industrial Management and Economics, Sweden. – 2000.

УДК 519.8

Моргунов Евгений Павлович,

канд. техн. наук, доцент,

доцент кафедры информатики и вычислительной техники

Моргунова Ольга Николаевна,

канд. техн. наук, доцент,

доцент кафедры информатики и вычислительной техники

ОБЗОР РУССКОЯЗЫЧНЫХ НАИМЕНОВАНИЙ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Россия, г. Красноярск

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева

Аннотация. Рассмотрен метод оценки эффективности систем Data Envelopment Analysis (DEA). Предложена классификация подходов к выбору русскоязычного названия этого метода. Приведен обзор русскоязычных наименований метода DEA, используемых в литературе в настоящее время.

Ключевые слова: эффективность систем; Data Envelopment Analysis; DEA; Анализ Среды Функционирования; АСФ.

Evgeny P. Morgunov,
PhD in Technical Sciences, associate professor,
associate professor at computer science department

Olga N. Morgunova,
PhD in Technical Sciences, associate professor
associate professor at computer science department

THE REVIEW OF THE RUSSIAN-LANGUAGE NAMES FOR THE SYSTEMS EFFICIENCY ASSESSMENT METHOD OF DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

iversity of science and technologies
named after academician M. F. Reshetnev
emorgunov@mail.ru
Russia, Krasnoyarsk Siberian state u
olgamorgunova@mail.ru

Absrat. The method of Data Envelopment Analysis (DEA) that is used for efficiency assessment of systems is considered. A classification of approaches to the choice of the Russian-language name of this method is proposed. The review of the Russian-language names of the DEA method, used in the literature at present, is given.

Key words: efficiency of systems; Data Envelopment Analysis; DEA.

Когда какой-либо научный метод длительное время используется в русскоязычной среде, то он приобретает и русскоязычное название. В нашей статье речь пойдет о методе Data Envelopment Analysis (DEA), применяемом для оценки эффективности систем. Метод DEA был предложен в 1978 г. американскими учеными A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes [15], которые основывались на идеях, изложенных в статье M. J. Farrell [18], опубликованной еще в 1957 г. Первоначально метод предназначался для оценки эффективности функционирования некоммерческих организаций. Он используется в России около двадцати лет, однако до сих пор не приобрел общепринятого названия на русском языке. На наш взгляд, название метода – это важный элемент терминологии, используемой в сфере исследования эффективности. Наличие одного такого общепринятого названия (или, возможно, двух названий) могло бы, на наш взгляд, способствовать более четкому пониманию того, о каком методе идет речь в статьях и книгах, даже без упоминания его оригинального названия.

В качестве примера приведем метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати в 1970-х гг. Он имеет устоявшееся название на русском языке. В предисловии к русскому переводу книги Т. Саати «Принятие решений. Метод анализа иерархий» говорится: «Хотелось бы остановиться на названии метода. По-английски оно звучит Analytic Hierarchy Process. В отдельных библиографических ссылках на русском языке это название переводилось по-разному: „процесс аналитической иерархии”, „аналитический иерархический метод” и т. п. Выбор вынесенного в заглавие книги названия обусловлен тем, что оно наиболее точно отражает суть разработанной Т. Саати методологии» [10]. А в книге О. И. Ларичева используется очень похожий перевод – «подход аналитической иерархии» [6].

Конечно, невозможно в директивном порядке внедрить в научную практику то или иное название метода. Поэтому целью статьи является попытка обратить внимание исследователей, применяющих метод DEA, на сложившуюся ситуацию, когда в научном обиходе встречается целый ряд разнообразных названий данного метода.

Прежде чем перейти к рассмотрению вариантов названия, присутствующих в разных источниках, приведем описание метода.

Метод DEA основан на построении так называемой *границы эффективности* в многомерном пространстве входных и выходных переменных, описывающих объекты, эффективность которых требуется определить. Поэтому данный метод относится к классу граничных методов. Эта граница строится по реальным данным и представляет собой, по сути, оценку производственной функции для случая, когда выход является векторным. Степень эффективности конкретного объекта зависит от расстояния между ним и границей эффективности: чем дальше объект находится от границы, тем его эффективность ниже. Объекты, находящиеся на границе, считаются эффективными.

Каждый оцениваемый объект описывается совокупностью показателей. Метод требует разделения показателей на входные (входы, inputs) и выходные (выходы, outputs). Входные показатели – это используемые ресурсы, а выходные – это полученные результаты.

Необходимо собрать исходные данные для всех показателей. Затем в многомерном пространстве с координатами, соответствующими выбранным показателям, нужно представить точки, соответствующие исследуемым объектам. Если теперь построить гиперповерхность, огибающую (охватывающую) эти точки, то это и будет граница эффективности. Точки (объекты), которые попали на нее, будут считаться лучшими в исследуемой совокупности объектов, т. е. эффективными. Точки, которые на границу не попали, будут считаться неэффективными. Чем

они дальше от границы эффективности, тем ниже их уровень эффективности. Конечно, для построения границы эффективности и проведения всех необходимых вычислений используются математические модели и программное обеспечение. Программным путем вычисляется и показатель эффективности для каждого исследуемого объекта. На рисунке 1 показаны примеры границы эффективности для простейшего случая, когда имеется только один вход (ресурс) и один выход (результат, продукт).

При использовании метода DEA важную роль играет такое понятие, как *эффект масштаба* (returns to scale). Его еще называют отдачей от масштаба. Упрощенно говоря, это означает следующее. Если при n -кратном увеличении объема ресурсов имеет место также n -кратное увеличение объема продукции, тогда эффект масштаба будет постоянным. Если же при n -кратном увеличении объема ресурсов увеличение объема продукции не будет в точности n -кратным (оно может быть как больше n , так и меньше), тогда эффект масштаба будет переменным.

Теперь вернемся к рисункам. Левый рисунок иллюстрирует границу эффективности для случая постоянного эффекта масштаба (constant returns to scale – CRS), а правый – для переменного (variable returns to scale – VRS). В первом случае граница имеет вид так называемого *выпуклого конуса*, а во втором – *выпуклой оболочки*. Оболочку можно образно сравнить со скорлупой ореха. Отметим, что граница эффективности – понятие условное: она определяется эффективными (крайними) точками.

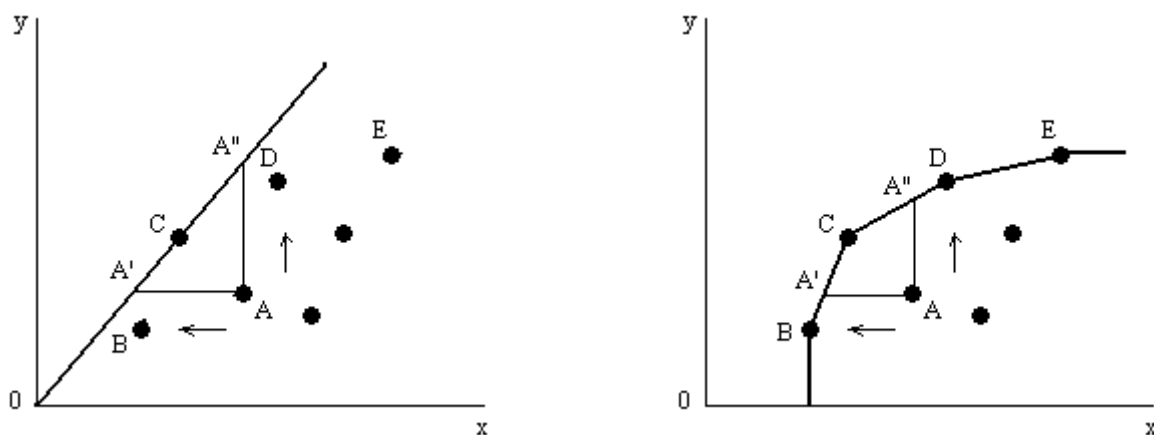


Рис. 1. Граница эффективности в методе DEA для двухмерного случая

На обоих рисунках показано одно и то же множество объектов. Однако на левом рисунке будет только один эффективный объект – C. А на правом таких объектов больше, так как оболочка более тесно, чем ко-

нус, охватывает точки. Получаем следующие эффективные объекты: B , C , D и E . Объект A – неэффективный. Для определения его степени неэффективности точку A проецируют на границу эффективности. При этом возможны два направления проецирования, показанные стрелками.

Представим формализованное описание метода на примере одной из его моделей. Пусть требуется определить показатель эффективности каждого из n объектов. Такими объектами могут быть предприятия, организации, университеты, банки и т. д. Для описания каждого объекта o_j , $j = \overline{1, n}$, служит пара векторов $(\mathbf{x}_j, \mathbf{y}_j)$. При этом вектор $\mathbf{x}_j = (x_{j1}, \dots, x_{ji}, \dots, x_{jm})^T$ содержит входные показатели (входы) для объекта o_j , а вектор $\mathbf{y}_j = (y_{j1}, \dots, y_{jr}, \dots, y_{js})^T$ содержит выходные показатели (выходы) для объекта o_j . Тогда матрица $\mathbf{X} = (\mathbf{x}_j)$, имеющая размерность $m \times n$, содержит вектор-столбцы с входными данными для всех n объектов, а матрица $\mathbf{Y} = (\mathbf{y}_j)$, имеющая размерность $s \times n$, содержит вектор-столбцы с выходными данными для всех n объектов. В основе метода DEA лежит метод линейного программирования, поэтому модель формулируется в таком виде [16, с. 43]:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} & (\theta), \\ & \theta \mathbf{x}_j - \mathbf{X}\lambda \geq \mathbf{0}, \\ & -\mathbf{y}_j + \mathbf{Y}\lambda \geq \mathbf{0}, \\ & \lambda \geq \mathbf{0}. \end{aligned}$$

(1)

Скаляр θ и является мерой эффективности j -го объекта. Важно отметить, что $\theta \in (0; 1]$. Критерием эффективности объекта является условие $\theta = 1$. Объекты, имеющие такое значение показателя θ , считаются эффективными и находятся, как принято говорить, на границе эффективности. Аналогичная задача решается для каждого объекта, т. е. n раз.

Для объектов, имеющих $\theta < 1$, предлагаются рекомендуемые (целевые) значения показателей, достигнув которых, эти объекты также окажутся на границе эффективности. Определение целевых значений переменных для неэффективного объекта производится путем *проецирования* данного объекта на границу эффективности. Проецирование обеспечивается за счет присутствия в модели (1) коэффициента θ при векторе $\mathbf{x}_j$ и наличия ограничения $\lambda \geq \mathbf{0}$. Вектор констант $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_n)^T$ позволяет сформировать неотрицательную линейную комбинацию объектов, которая и будет являться гипотетическим (и при этом – эффективным) целевым объектом для того реального объекта, который оказался неэффективным. В этой линейной комбинации веса эффективных объектов будут ненулевыми, а веса неэффективных объектов будут равны ну-

лю (т. е. $\lambda_j = 0$). Объекты, которые входят в эту линейную комбинацию с ненулевыми весами, называются эталонными. Значения коэффициентов λ_j отражают степень подобия неэффективного объекта эталонным объектам с точки зрения соотношения значений его показателей.

Модель (1) называется *ориентированной на вход*. Это объясняется тем, что коэффициент θ оказывает влияние на вектор входных переменных. При проецировании неэффективного объекта, например, A , на границу эффективности значения входов уменьшаются. На рисунке 1 направление проецирования для модели (1) показано горизонтальной стрелкой. Гипотетический объект A' будет целевым объектом для объекта A . Таким образом, граница эффективности служит в качестве эталона для проведения оценки эффективности объектов в исследуемой совокупности.

Модель, *ориентированная на выход*, может быть построена аналогично [16, с. 58].

$$\begin{aligned} \max_{\varphi, \lambda} (\varphi), \\ \mathbf{x}_j - \mathbf{X}\lambda \geq \mathbf{0}, \\ -\varphi \mathbf{y}_j + \mathbf{Y}\lambda \geq \mathbf{0}, \\ \lambda \geq \mathbf{0}. \end{aligned} \quad (2)$$

При этом изменяется направление проецирования объектов, которое на рисунке 1 показано вертикальной стрелкой. Поэтому для неэффективного объекта A целевым эталонным объектом будет являться объект A'' . В данном случае показатель эффективности – скаляр $\varphi \in [1; \infty)$. Для неэффективных объектов (имеющих $\varphi > 1$) будут выданы рекомендации по пропорциональному увеличению значений выходных переменных в φ раз. При этом значения входных переменных увеличиваться не должны. На практике значение показателя эффективности зачастую переводится в диапазон $(0; 1]$ за счет использования обратной величины $1 / \varphi$.

В модели (1) и (2) может быть введено дополнительное ограничение $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, что приведет к изменению конфигурации границы эффективности – она приобретет форму *выпуклой оболочки*. Иллюстрация приведена на рисунке 1 справа. Соответственно, гипотетический целевой объект, который будет являться эталоном для неэффективного объекта, будет формироваться как выпуклая линейная комбинация эффективных объектов $(\mathbf{X}\lambda, \mathbf{Y}\lambda)$. Выпуклой оболочке соответствует допущение о перемennom эффекте масштаба, имеющем место в данной совокупности исследуемых объектов.

На рисунке 1 показано, что, независимо от ориентации модели на вход или на выход, оценивается одна и та же граница эффективности, а изменяется лишь направление проецирования точки в многомерном пространстве $\mathbf{R}^{m+s}$.

Метод DEA имеет ряд привлекательных свойств [17, с. 8]:

- он позволяет вычислить один интегральный (агрегированный) *скалярный* показатель для каждого из объектов, таким показателем удобно пользоваться;
- не требует указывать весовые коэффициенты для показателей, что снижает уровень субъективности при получении результата;
- может обрабатывать много входных и выходных показателей, при этом они могут быть представлены в разных единицах измерения;
- не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами;
- формирует Парето-оптимальное множество точек, соответствующих эффективным объектам;
- выдает рекомендуемые значения показателей для неэффективных объектов, при достижении которых эти объекты были бы выведены на границу эффективности;
- позволяет при необходимости учесть предпочтения менеджеров, касающиеся важности тех или иных входных или выходных переменных;
- концентрируется на выявлении примеров так называемой лучшей практики (best practice), а не на каких-либо усредненных тенденциях, как, например, регрессионный анализ.

На наш взгляд, возможны следующие подходы к выбору (или формированию) русскоязычного названия метода DEA:

- буквальный пословный перевод оригинального названия;
- наименование в честь авторов метода;
- наименование, отражающее назначение метода или сферу применения;
- наименование, отражающее механизм, принцип работы или основную идею (суть) метода.

Переводы слов data и analysis хорошо известны и не нуждаются в пояснениях. Затруднения может вызвать перевод слова envelopment. В англо-русском словаре математических терминов это слово не представлено, а вот для слова envelop там предлагаются следующие переводы: 1. обвертывать; обволакивать; окружать; 2. огибать, окружать [2].

Использовать русскоязычное название метода, включающее фамилии его авторов, вряд ли возможно, поскольку одна из моделей метода,

представленная в статье выражениями (1) и (2), уже носит такое название – ССР. В этой аббревиатуре использованы первые буквы фамилий авторов метода. К тому же, авторов – трое, в таком случае «фамильное» название получится слишком длинным.

Довольно широкое распространение получил вариант, предложенный В. Е. Кривоножкой и его коллегами, – «Анализ Среды Функционирования» (АСФ) [1, 3, 5, 7, 12, 13]. Попытаемся восстановить ход рассуждений авторов этого названия. Слово «анализ» является буквальным переводом слова *analysis* из оригинального названия. Метод предназначен для оценки эффективности сложных объектов, но эффективность проявляется только в процессе функционирования объекта. Таким образом, появление слова «функционирование» в названии вполне закономерно. Что можно сказать насчет слова «среда»? Рискнем предположить, что оно появилось по следующей причине: метод работает с группой объектов, каждый из которых оценивается по очереди, а остальные как раз и образуют ту среду, в которой функционирует оцениваемый объект. В результате получается – «Анализ Среды Функционирования».

В работе [8] используется такой вариант – «метод обволакивающей поверхности». Хотя в оригинальном названии нет слова «поверхность» (*surface*), но из описания метода мы знаем, что под такой поверхностью подразумевается граница эффективности. Таким образом, в этом варианте перевода используется знание о принципе работы метода.

В этой же работе [8] присутствует еще один вариант – «метод оболочки данных». В оригинальном названии также нет слова «оболочка» (*hull*), но о ее важной роли в механизме работы метода мы знаем из его описания.

В работе [14] предлагается такой вариант – «анализ свертки данных». Рискнем предположить, что под сверткой в данном случае понимается следующая особенность метода: он формирует один скалярный показатель эффективности для каждого объекта. Таким образом, многомерное описание каждого объекта, представленное с помощью входных и выходных показателей, преобразуется в скалярную величину, что и можно считать сверткой данных. Но в отличие от обычной свертки, при выполнении которой весовые коэффициенты задаются заранее, в методе DEA эти коэффициенты вычисляются в результате решения задачи линейного программирования для *каждого* объекта.

Метод DEA не налагает никаких ограничений на функциональную форму зависимости между входами и выходами, т. е. он является непараметрическим. Эта его особенность отражена в таком варианте названия – «непараметрический метод анализа оболочки данных (АОД)» [11].

Этот вариант является самым многословным из всех тех, которые нам довелось встретить в литературе.

Встретилось и название, которое ближе всех остальных к дословному переводу оригинального названия – «анализ „упаковки” (охвата) данных» [4].

В работе [9] используется такой вариант – DEA-анализ. Это очень похоже по способу формирования на термин «IT-технологии», когда одно и то же слово присутствует и в составе аббревиатуры, и в полной форме.

Таким образом, имеет место большое разнообразие русскоязычных названий метода DEA. На наш взгляд, при выборе наименования следует использовать следующие критерии: оно должно соответствовать теории метода, быть оригинальным и благозвучным. Его непохожесть на названия других методов позволит избежать путаницы и сделает метод DEA легко узнаваемым без обращения к его оригинальному названию.

Список литературы

1. Анализ эффективности функционирования сложных систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. И. Пропой, Р. В. Сеньков, И. В. Родченков, П. М. Анохин // Автоматизация проектирования. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
2. Англо-русский словарь математических терминов [Текст] / Под ред. П. С. Александрова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Мир, 1994. – 416 с.
3. Антонов, А. В. Разработка процедур коррекции параметров финансовых институтов на основе технологии анализа среды функционирования [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 / Алексей Валерьевич Антонов. – Долгопрудный, 2000. – 109 с.
4. Дилигенский, Н. В. Сравнительный многокритериальный анализ эффективности операционной деятельности промышленных предприятий [Текст] / Н. В. Дилигенский, М. В. Цапенко, А. Н. Давыдов // XII Международная конференция «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», 21–23 июня 2010 г. : труды / Ин-т проблем управления сложными системами РАН. – Самара, 2010. – С. 126–136.
5. Кривоножко, В. Е. Анализ деятельности сложных социально-экономических систем [Текст] / В. Е. Кривоножко, А. В. Лычев. – М. : Издательский отдел факультета ВМ и К МГУ ; МАКС Пресс, 2010. – 208 с.
6. Ларичев, О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах : учебник [Текст] / О. И. Ларичев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Логос, 2002. – 392 с.
7. Лычев, А. В. Развитие и обобщение моделей методологии Анализа Среды Функционирования для анализа деятельности сложных систем [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.01 / Андрей Владимирович Лычев ; [Место защиты: Ин-т систем. анализа РАН]. – М., 2008. – 105 с.

8. Понькина, Е. В. Технологическая эффективность производства продукции растениеводства: измерение на основе эконометрических методов Data Envelopment Analysis и Stochastic Frontier Analysis [Текст] / Е. В. Понькина, Д. В. Курочкин // Известия Алтайского гос. ун-та. – 2014. – Вып. 1 (81). – С. 170–178.
9. Порунов, А. Н. Оценка сравнительной эффективности государственного менеджмента экологической безопасности в регионе методом DEA-анализа (на примере Приволжского федерального округа) [Текст] / А. Н. Порунов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». – 2016. – № 1. – С. 104–111.
10. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] : пер. с англ. / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
11. Сазонова, Д. Д. Оценка технической эффективности использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах [Текст] / Д. Д. Сазонова, С. Н. Сазонов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2012. – Вып. 3–4. – С. 108–128.
12. Сафин, М. М. Построение алгоритмов сечений эффективного фронта аффинными подпространствами в методологии Анализа Среды Функционирования [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.01 / Михаил Масхутович Сафин ; [Место защиты: Ин-т систем. анализа РАН]. – М., 2008. – 128 с.
13. Сеньков, Р. В. Параметрические методы оптимизации в анализе эффективности сложных систем на основе АСФ технологии [Текст] : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 / Роман Викторович Сеньков. – М., 2002. – 153 с.
14. Федотов, Ю. В. Измерение эффективности деятельности организации: особенности метода DEA (анализа свертки данных) [Текст] / Ю. В. Федотов // Российский журнал менеджмента. – 2012. – № 2. – С. 51–62.
15. Charnes, A. Measuring the efficiency of Decision Making Units [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // European journal of operational research. – 1978. – Vol. 2. – P. 429–444.
16. Cooper, W. W. Data Envelopment Analysis [Text] : A comprehensive text with models, applications, references, and DEA-Solver software / W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone. – 2nd ed. – New York : Springer, 2007. – xxxviii, 490 p.
17. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application / A. Charnes, W. W. Cooper, A. Y. Lewin, L. M. Seiford. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 1994. – 513 pp.
18. Farrell, M. J. The measurement of productive efficiency [Text] / M. J. Farrell // Journal of The Royal Statistical Society, Series A (General), Part III. – 1957. – Vol. 120. – P. 253–281.

Сорокин Алексей Борисович,
канд. тех. наук, доцент МИРЭА
Лобанов Дмитрий Александрович,
магистрант

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СИТУАЦИОННО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА

Москва, Московский технологический университет (МИРЭА),
e-mail: ab__sorokin@ mail.ru

Аннотация: Излагается абстрактный пример разработки имитационно-динамических моделей на основе ситуационно-деятельностного подхода. Рассмотрен графический уровень проектирования, который представлен планом процессов и закономерностей.

Ключевые слова: имитационно-динамическое моделирование, ситуационно-деятельностный подход, процессный план, план закономерностей.

Sorokin Aleksey Borisovich
PhD in Technical Sciences, assistant professor MIREA
Lobanov Dmitrij Aleksandrovich
Student in the master's program

MODELING OF DYNAMIC PROCESSES BASED ON THE SITUATIONAL-ACTIVE APPROACH

Moscow, Moscow Technological University (MIREA),
e-mail: ab__sorokin@ mail.ru

Abstract. Describes an abstract example of developing a system dynamics simulation models on the basis of situational and activity approach. The graphic level of design is considered, which is represented by a plan of processes and regularities.

Keywords: system dynamics simulation modeling, situational-activity approach, process plan, regularity plan.

Имитационное моделирование как одно из направлений в области системного анализа и компьютерной математики за свою более чем сорокалетнюю историю прошло долгий путь развития: менялись концепции и парадигмы программирования, поколения языков имитационного моделирования и средств вычислительной техники, технологии, стандарты и области приложений. И, тем не менее, имитационное моделирование за рубежом и в нашей стране всегда сохраняло и продолжает сохранять статус эффективного инструментария исследования сложных сис-

тем [1]. Программный инструментарий для реализации имитационных моделей за последнее время претерпел значительные положительные изменения. Появились программные среды, ориентированные на разработку всего спектра имитационных приложений.

При этом средства проектирования сложных имитационных моделей остаются на прежнем уровне. Как правило, используются структурный и объектный подходы, которые успешно используются для проектирования дискретно-событийных и агентных моделей. Однако дисциплина имитационно-динамического моделирования (ИДМ) определена более строго и со времен Джея Форреста проектная реализация не претерпела изменений.

Проектируя в стиле ИДМ, структура и поведение системы представлены как множество взаимодействующих положительных и отрицательных обратных связей и задержек. Соответственно, усложнение системы приводит к усложнению причинно-следственных цепочек. Поэтому при проектировании сложной системы агентное моделирование позволяет легче отобразить модели явления реального мира, используя диаграммы состояния и деятельности универсального языка моделирования. Это, однако, не означает, что агентное моделирование – абсолютная замена традиционного подхода. Для большого числа приложений имитационно-динамические модели (ИД модель) позволяют строить эффективные и адекватные модели, получать более достоверные результаты. Также необходимо учитывать, что математически ИД модель – это система дифференциальных уравнений, которые более понятны для пользователя и разработчика.

Таким образом, авторы предлагают заинтересованному читателю рассмотреть иные возможности проектирования ИД модели на основе ситуационно-деятельностного подхода, который был изложен на предыдущей конференции [2].

1. Описание имитационно-динамической модели терминами ситуационно-деятельностного подхода

Методология ИДМ включает качественную и количественную стадии проектирования [3]. Качественная стадия определена графическим изображением причинно-следственных связей между элементами, составляющими моделируемую систему. На основе диаграммы причинно-следственных связей моделируемой системы формируется количественная стадия проектирования – диаграмма потоков и уровней (накопителей). Таким образом, качественная стадия первична по отношению к количественной стадии проектирования.

Выдвигается гипотеза об исключении качественной стадии из рассмотрения при проектировании ИД модели и замены ее на представления связанные с ситуационно-деятельностным подходом.

Тогда для доказательства данной гипотезы предлагается рассмотреть базовую структуру количественной стадии, которая содержит четыре существенных элемента: накопитель, функцию решения, материальные и информационные потоки (рис.1).

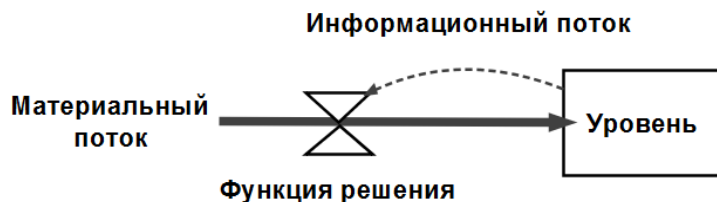


Рис. 1. Базовая структура количественной стадии

Материальный поток, вливаясь в уровень или вытекая из него, определяет изменение уровня. Таким образом, значение накопителя в каждый момент времени характеризуется уровнем, который описывается конечно-разностным уравнением (1) [по 4]:

$$X(t+h) = X(t) + (h \times V(t)), \quad (1)$$

где t – модельное время; h – изменение (приращение) времени, шаг моделирования; $X(t)$, $X(t+h)$ – значение уровня в моменты времени; $V(t)$ – скорость (темп) изменения уровня, т.е. величина его изменения за единицу времени.

$$V(t) = V_s(t) - V_d(t), \quad (2)$$

где $V_s(t)$ – входящий поток (исток); $V_d(t)$ – выходящий поток (сток).

Кроме того, различают информационные потоки, с помощью которых принимается решение по управляющим воздействиям, т.е. определяется значение темпа потока, на следующий интервал времени. Таким образом, определяется функция решений, которая представляет собой формулировку линии поведения, определяющую, каким образом имеющаяся информация об уровнях приводит к выбору решений, связанных с величинами текущих темпов. Закон изменения темпа задается функциональной зависимостью (3) [по 4]:

$$V(t) = F(p_1(t), p_2(t), \dots, p_k(t)), \quad (3)$$

где F – произвольная функция от k аргументов; $p_i(t)$ – параметры модели, значения которых в момент t известны.

Исходя из базовой структуры количественной стадии, определяются два акта деятельности: «Установление структуры материальных процессов» и «Определение информационных зависимостей». Таким образом, реализуется матрица решений для проектирования ИД модели, изображенная на рисунке 2.

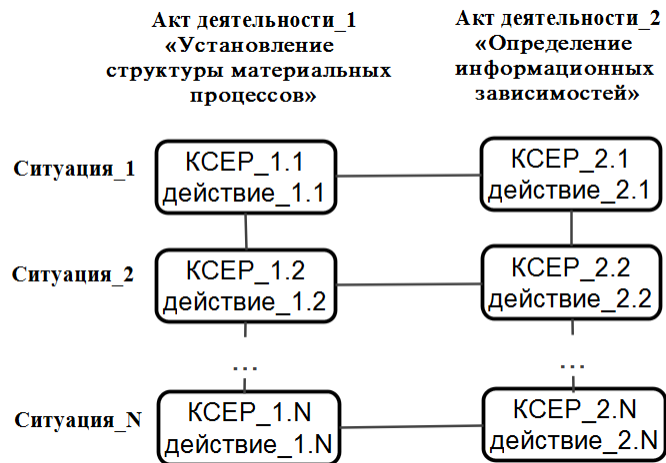


Рис. 2. Матрица решений

Данные акты деятельности неразрывно связаны между собой и пересекаются по функции решений, которая в акте деятельности «Установление структуры материальных процессов» представлена как средство, а в акте деятельности «Определение информационных зависимостей» как объект действия.

2. Разработка диаграммы потоков и уровней

Согласно алгоритму ситуационно-деятельностного подхода можно выделить из акта деятельности «установление структуры материальных процессов» концептуальную структуру единичного решения (КСЕР) (рис.3).

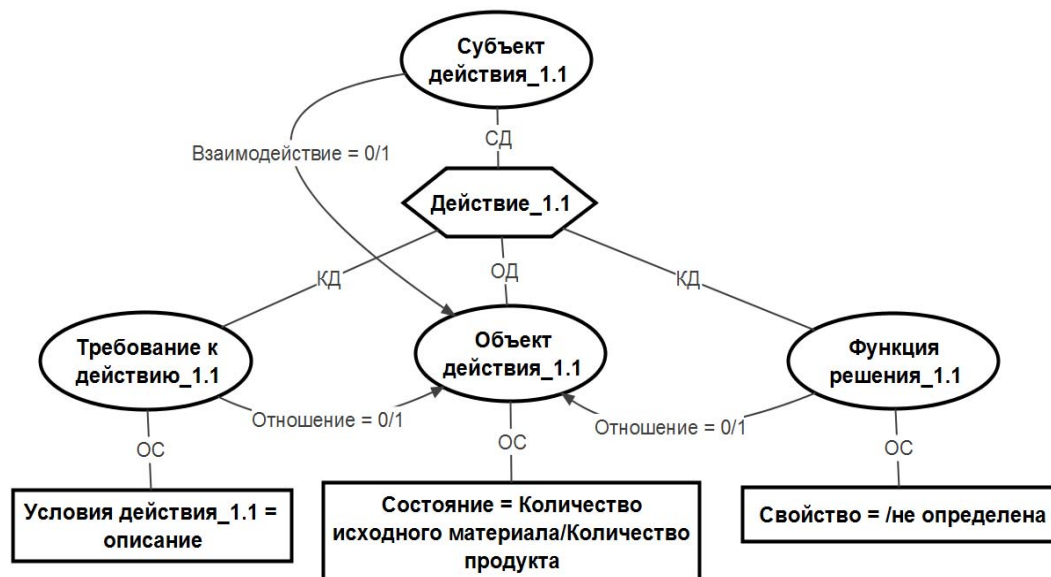


Рис. 3. Шаблон КСЕР в акте деятельности «Установление структуры материальных процессов»

При реализации шаблона акта деятельности «Установление структуры материальных процессов» необходимо учитывать следующие особенности ИД модели:

- модель оперирует только количествами (агрегатами), объекты, находящиеся в одном накопителе, неразличимы, лишены индивидуальности;
- аналитику предлагается рассуждать в терминах глобальных зависимостей.

Поскольку ИДМ оперирует агрегатами (количественными состояниями), которые могут быть представлены цепочкой накопителей, потоков и множество правил, контролирующих эти потоки, выделим из КСЕР, изображенной на рис. 3., план процессов (рис. 4).

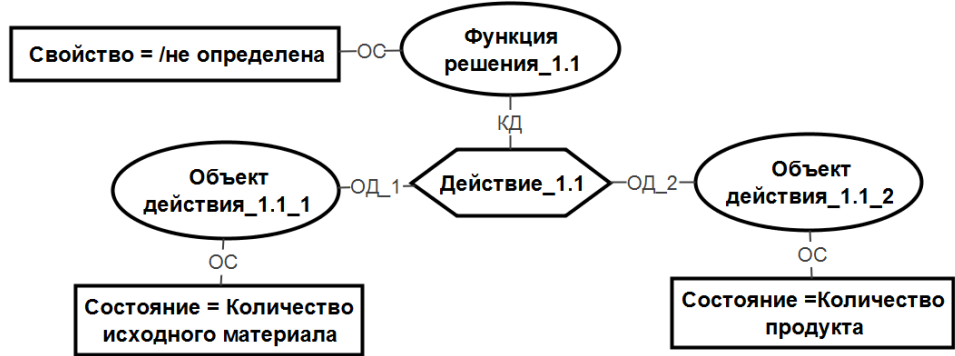
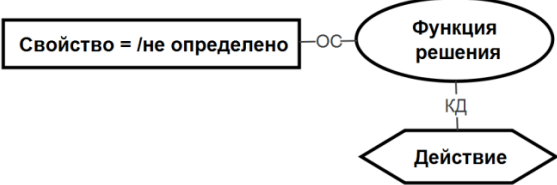


Рис. 4. План процессов КСЕР в акте деятельности «Установление структуры материальных процессов»

Исходя из структуры процессуального плана, можно выдвинуть предположение, что она аналогична структуре диаграммы потоков и уровней (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение графических нотаций

Графическая нотация диаграммы потоков и уровней	Графическая нотация плана процессов
Уровень накопителя 	
Поток 	
Вентиль 	

Согласно таблице 1: уровень накопителя представлен как объект действия, определенный одним из количественных состояний: исходный материал или продукт; поток определен непрерывной активностью, которая представлена действием перемещающим содержимое между накопителями; используя гидродинамическую метафору, функция решений есть вентиль, управляющий потоком.

Таким образом, реализуется структура релевантная диаграмме потоков и уровней. При этом функция решений в данном акте деятельности определена быть не может.

3. Определение функции решений

Функции решений – это есть уравнения темпов (3), которые в отличие от уравнений уровней (2) не являются столь очевидными и простыми. Фактически уравнения темпов отражают понимание факторов, определяющих действия, которые будут совершаться непосредственно в следующий момент времени.

При формировании отдельно взятой КСЕР в акте деятельности «Определение информационных зависимостей» необходимо составить перечень всех средств (параметров), которые оказывают влияние на решение (рис.5).

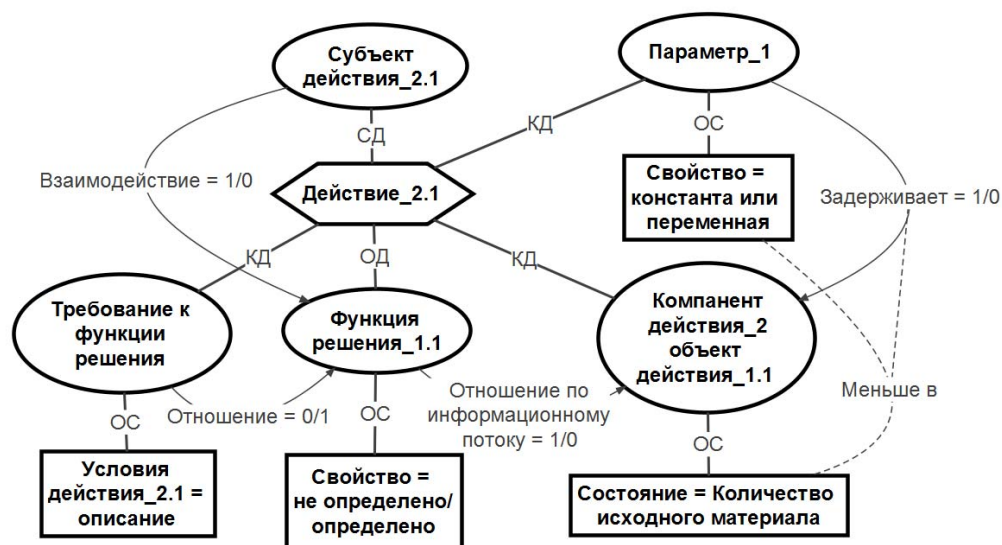


Рис. 5. Шаблон КСЕР в акте деятельности «Определение информационных зависимостей»

Параметры функции решения могут быть определены как вспомогательные переменные, которые выделены в независимые понятия, поскольку они имеют самостоятельное значение или как постоянные числовые величины начальных условий (константы). Также следует принимать во внимание временные характеристики – запаздывания (4).

$$V(t) = X(t + h) / P_{DEL}. \quad (4)$$

где P_{DEL} – параметр запаздывания.

Для определения функции решения из акта деятельности «Определение информационных зависимостей» выделяют план закономерностей. При этом учитываются следующие правила [5]:

- Аналитическая закономерность может быть выявлена объектной частью концептуальной структурой единичного решения. При этом компонент «Требование к объекту действия» в плане закономерностей не учитывается, т.к. определен своим алгоритмом (условиями действия).
- Отношения в плане закономерностей однонаправлены и единичны, т.е. из одного элемента может выходить или входить одно отношение. Они определены типами «усиливает» или «задерживает».
- Соотношения являются ассоциациями отношений зависимостей, которые определены следующими типами «больше на», «меньше на», «больше в» и «меньше в». Соотношения ассоциаций в свою очередь могут быть отображены как арифметические действия (табл. 2).

Таблица 2.

Ассоциативные правила

ЕСЛИ	ТО	
	ЕСЛИ	ТО
Тип отношения	Тип соотношения	Тип арифметического действия
усиливает	больше на	сложение
	больше в	умножение
задерживает	меньше на	вычитание
	меньше в	деление

- Отношение по информационному потоку обозначено типом «положительное» или «отрицательное» отображается как знак плюс или минус после знака равенства.

Синтез планов процессов и закономерностей дает полноценное представление о диаграмме потоков и уровней. Эквивалентность синтеза планов КСЕР с диаграммой потоков и уровней показано на рисунке 6.

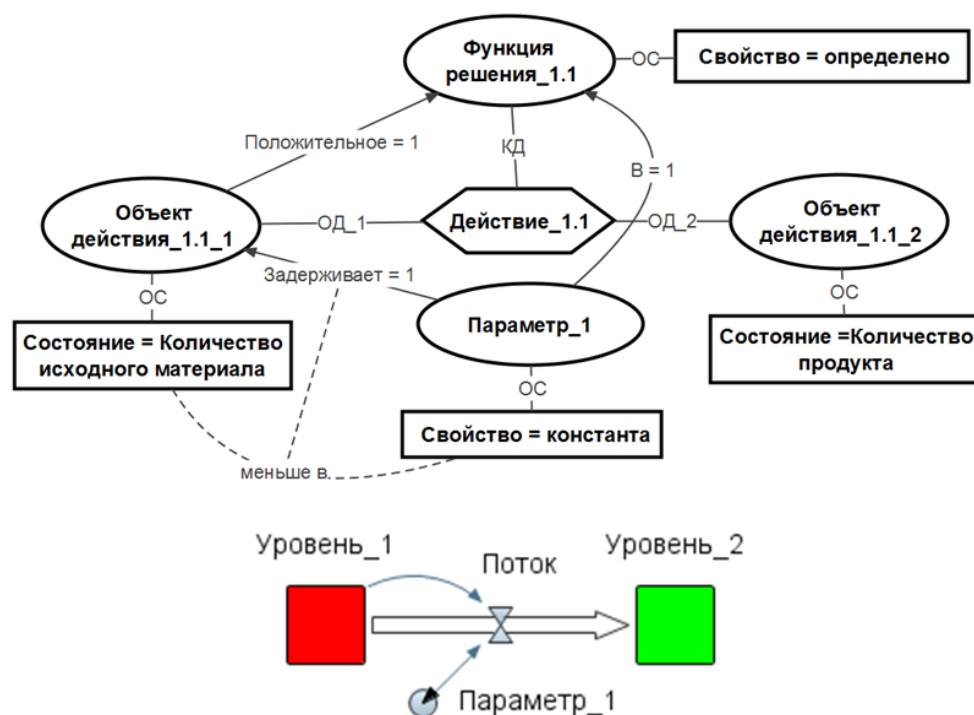


Рис. 6. Эквивалентность синтеза планов КСЕР с диаграммой потоков и Уровней

Релевантность представленных структур на рисунке 6 доказывает гипотезу об исключении качественной стадии из рассмотрения при проектировании ИД модели и замены ее на синтез планов процессов и закономерностей. Однако задача реализации концептуальных планов на графическом уровне требует не только понимания методов искусственного интеллекта, но также требуются большие затраты времени. Поэтому создан программный комплекс «ОРИ» (Оформитель + Решатель + Интерпретатор) [6].

Заключение

Структурная характеристика любого системного объекта является главной при его раскрытии. Поэтому концептуальные структуры рассматриваются как некий «субстрат» на базе, которого могут быть построены различные классы интеллектуально-информационных систем.

Авторами предлагается несколько направлений использования и развития ситуационно - деятельностного подхода: как язык осмысления процессов происходящих в динамически сложной среде; как язык моделирования интеллектуально-информационных систем; как инструментальное средство, реализованное в программном комплексе «Оформитель + Решатель + Интерпретатор».

Последнее направление представляет собой программу «черного ящика», которая выдает рекомендации по проектированию сложной динамической среды на основании КСЕР акта деятельности.

Список литературы

1. Емельянов В.В. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. Язык РДО / В.В. Емельянов, С.И. Ясиновский – М.: «АНВИК», 1998. – 427 с.
2. Сорокин А.Б. От системных представлений к концептуальному моделированию // Сборник трудов XX Международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении» – СПб, 2016, Ч. 1. – С. 137 – 149.
3. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия / Дж. Форрестер – М.: Прогресс, 1971. – 340 с
4. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. - 848 с
5. Sorokin A.B., Bolotova L.S. The evolutionary model as the projection methodology situationally - activity analysis and its realization on the example of the model against the development of infectious diseases // Collection of scientific papers «Interactive systems: Problems of Human-Computer Interaction» – Ulyanovsk, 2015. pp. 120–130.
6. Сорокин А.Б. Разработка интеллектуальных систем поддержки принятия решений для произвольной предметной области / А.Б. Сорокин // «Вопросы современной науки»: коллект. науч. монография; [под ред. Н.Р. Красовской]. – М.: Изд. Интернаука, 2015. Т. 2. – с.115 – 137.

УДК 004.8

*Гаврилова Татьяна Альбертовна,
д.т.н., профессор, зав.кафедрой
информационных технологий в менеджменте
Страхович Эльвира Витаутасовна,
к.ф.-м.н., с.н.с, ст.преподаватель кафедры
информационных технологий в менеджменте*

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ⁵

Санкт-Петербург, Высшая школа менеджмента
Санкт-Петербургского Государственного Университета,
tgavrilova@gmail.com, e.strakhovich@spbu.ru

Аннотация: Статья посвящена вопросам использования бизнес диаграмм, в частности проблемам системной разработки интеллект-карт. Рассматриваются вопросы неверного использования и искажения идей

⁵ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект N 17-07-00228).

визуального мышления в связи с модой на визуализацию, повсеместного появления консалтинговых компаний и публикаций низкого качества в сети Интернет и популярной деловой литературе.

Ключевые слова: управление знаниями, бизнес-диаграммы, интеллект-карты, системное мышление, визуализация.

Tatjana A. Gavrilova,

Doctor of Science, Professor and Head of
Information Technologies in Management Dpt.

Elvira V. Strakhovich,

Candidate of Science, Sr. Lecturer of
Information Technologies in Management Dpt.

SYSTEM APPROACH TO MIND-MAPPING⁶

Saint-Petersburg, Graduate School of Management, St. Petersburg University,
tgavrilova@gmail.com, e.strakhovich@spbu.ru

Abstract. The paper describes the use of business diagrams and charts, and in particular the mind maps systemic design and visual thinking problems.

The issues of misuse and distortion are discussed. These problems are caused by fashion of visualization, and the widespread occurrence of consulting companies and poor quality publications on the Internet and the popular business literature.

Keywords: knowledge management, business diagrams, mind-maps, system thinking, visualization.

В современном бизнесе и научных исследованиях чрезвычайно популярны стали интеллект-карты (mind maps), как один из наиболее привлекательных и простых способов отображения бизнес-идей, проектов, функций или любых других сложных понятийных структур. Хотя автором идеи интеллект-карт считается Тони Бьюзен [1], в России похожий метод успешно использовался в педагогике еще в 1920-е годы [5].

Интеллект-карты (и-карты) — это иерархические диаграммы, используемые для представления идей, проектов, заданий, которые связаны с центральным ключевым понятием и радиально организованы вокруг него. И-карту часто называют графическим выражением процесса радиантного (или параллельного) мышления, а отличии от традиционного последовательного. И-карты имеют три отличительные черты:

⁶ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект N 17-07-00228).

- главный объект внимания (изучения) представлен в центральном образе;
- основные темы, связанные с главным объектом, расходятся от центрального образа в виде ветвей, которые именуются ключевыми словами и (или) образами;
- ветви формируют связную иерархическую структуру.

Бьюзен сформулировал идею в 1970-е гг. в качестве компактного средства организации конспектов. Позднее он понял, что метод гораздо шире и может использоваться как мощное орудие мышления применительно к научной работе, инновациям, бизнес-идеям, политическим дискуссиям, мозговому штурму, педагогике.

Идея интеллект-карт (и-карт) заключается в использовании и совмещении функции левого и правого полушарий для достижения целостного и наглядного представления рассматриваемого понятия. Фактически, это переход от последовательного (текстового) изложения к сетевому (образному). Бьюзен использовал также некоторые идеи из теории меж-полушарной асимметрии [16] и гештальт-психологии [2].

Сперри обнаружил разделение функций левого (логического) и правого (образного) полушария. Основные интеллектуальные функции (по Сперри) представлены в таблице.

Таблица. Интеллектуальные функции полушарий головного мозга

Левое полушарие	Правое полушарие
Речь, чтение,	Пространственная ориентация
Анализ, логика	Гештальт (целостное восприятие)
Линейные представления	Трехмерное восприятие
Операции с последовательностями	Воображение, мечты
Операции с числами	Ритм, цвет

Позднее было установлено, что полушария могут иногда подменять друг друга и дифференциация не так однозначна [9, 10, 7].

Идея и-карт сильна ещё и тем, что имеет серьезный нейрофизиологический базис. Человеческий мозг обладает выраженной сетевой структурой [6]. Естественные нейронные сети мозга содержат в среднем 86 миллионов нейронов, каждый из которых может связываться примерно с 10 000 ближайших соседей. И хотя природа их взаимодействия исследована далеко не полностью, так называемы «радиантный» характер передачи возбуждения от центра на периферию доказан.

Разработка и использование и-карт. И-карты применяются, с одной стороны, для генерирования, визуализации, структурирования и классификации идей, с другой стороны, для облегчения (ускорения) процесса

обучения [11], процесса разрешения проблемы или принятия решения [8, 12, 13], а также при составлении и написании различных документов [15]. Их можно использовать в образовании, как для объяснения, так и для проверки усвоенного материала. В этом случае структура и-карты служит критерием понимания изучаемого предмета. Применение и-карт может быть полезно при выполнении групповых проектов, анализе кейсов и т.д. Благодаря упрощенному и ясному изображению идей в графическом (радиальном и нелинейном) виде и-карты иногда используют для активизации «мозгового штурма» при решении организационных задач и осуществлении планирования [14, 4].

Создание и-карты начинается с объекта изучения, который располагается в центральном узле. Затем основные темы, связанные с объектом изучения, расходятся от центрального образа в виде ветвей, при этом иерархически детализируются, формируя связную смысловую структуру. Более подробную информацию об и-картах можно найти в работах [1, 4].

Важными элементами и-карт являются графические образы, цвет и различная величина шрифтов на разных уровнях иерархии, — все это позволяет чётче и яснее отразить структуру карты, ускорить и упростить чтение и-карты. На рисунке 2 представлен пример и-карты для понятия «Окно» (предположим, это продукция компании). Карта описывает виды окон, их конструктивные элементы, предназначение и характеристики. Карта создана при помощи инструмента Mind Manager ©.

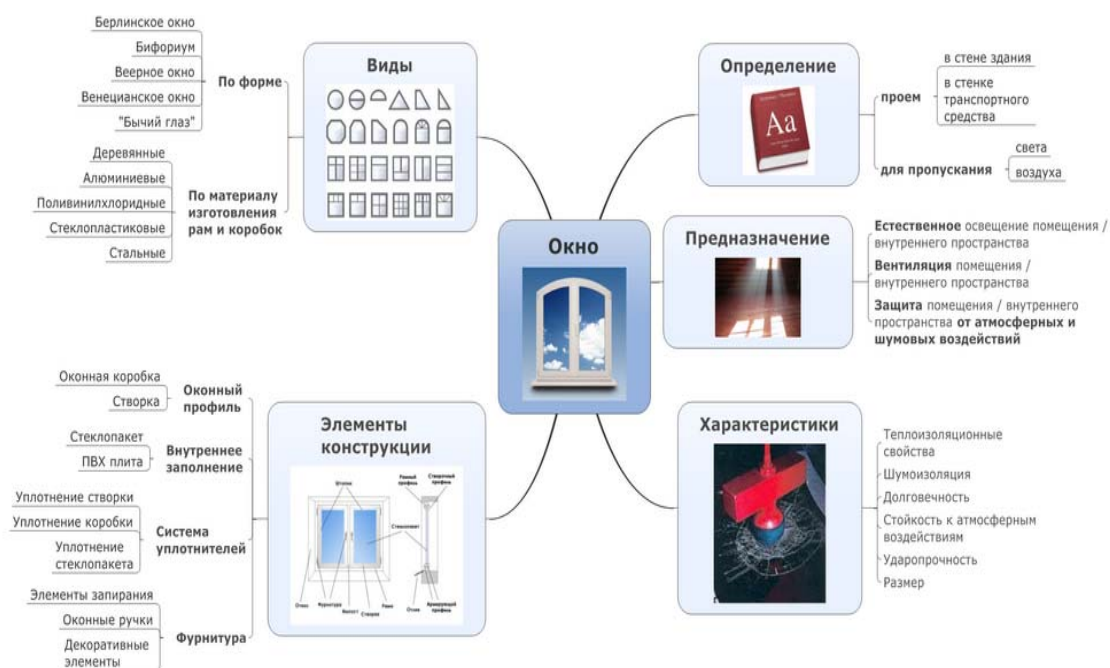


Рис.1. Пример интеллект-карты (автор А.Алсуфьев)

Трудности в дизайне и-карт. Основная сложность создания и-карты – это системное формирование понятий первого уровня, описывающих центральную идею. Хитрость Тони Бузана заключается в том, что он нигде не пишет как создавать карты, а лишь говорит о том, как они хороши. Современные «консультанты», прельстившись видимой простотой, заполнили Сеть картами-монстрами, которые служат антирекламой методу.

Ясную и понятную и-карту может нарисовать только эксперт. У новичков обычно получаются весьма запутанные и невнятные карты. Можно сформулировать основное правило «хорошей и-карты» [3]: «Понятия, лежащие на одном уровне иерархии, должны быть однородны и принадлежать одному уровню абстракции».

Это означает, что понятия одного уровня требуют принадлежности одному уровню обобщения (правильно «одежда-обувь» и неправильно «мебель-стул») или детализации понятий. Так, например, все признаки или атрибуты понятия, или все его компоненты, или ассоциации. На рис.3 понятия нижнего уровня не однородны. На рис.2 также можно увидеть эту ошибку, тем не менее, приблизительную структуру знаний о малом предприятии она отражает.



Рис. 2. И-карта понятия «малое предприятие»

Правила построения и-карт.

Кратко опишем правила «хорошей» карты.

I. Правила, увеличивающие наглядность.

1. Правила Бьюзена – об использовании цвета, рисунков и уменьшения шрифтов при удалении от центра.
2. «Бритва Оккама» – не перегружайте карту, особенно на первом уровне должно быть не более 3-5 понятий (в этом ошибка карты на рис.2).
3. Не стоит использовать шрифты с засечками, например, Times New Roman.
4. В узле и-карты должны быть словосочетания в именительном падеже – не более трех слов (например, «железная дорога» или «входные финансовые потоки»)

II. Правила, способствующие глубине понимания

1. Правило системного мышления – охватывайте все элементы, а не выборочные фрагменты.
2. Правило хорошего обобщения – понятия, лежащие на одном уровне должны соответствовать друг другу по уровню общности или уровню абстракции

Эти правила не так просты, поскольку требуют значительных когнитивных усилий и навыков аналитического мышления, но даже шестичасовой тренинг вполне достаточен для того, чтобы овладеть азбукой майнд-мэппинга.

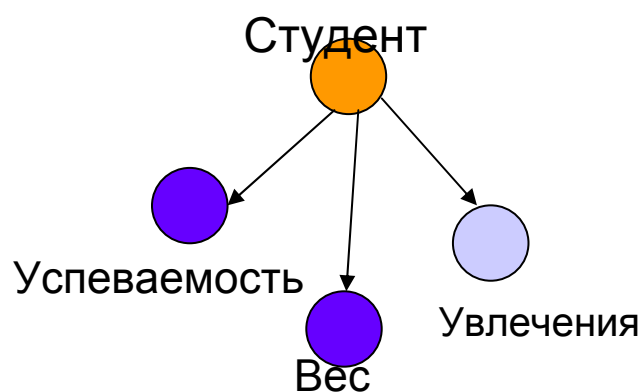


Рис. 3. Пример направлений деятельности студента

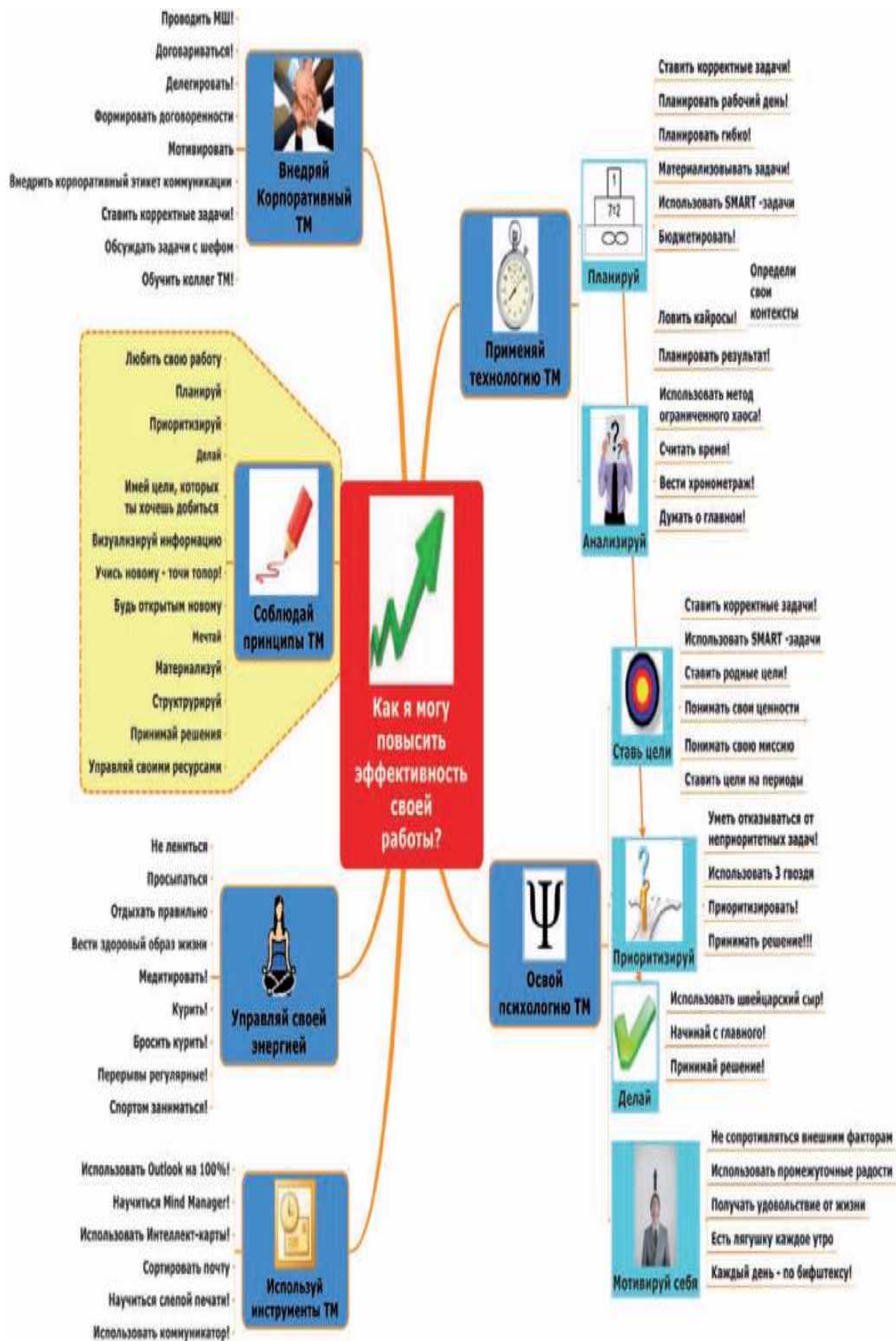


Рис. 4 Пример и-карты, нарушающей основные правила

В современном информационном пространстве появилось достаточное количество сайтов и блогов, посвященных майнд-мэппингу, на которых размещены безграмотные, громоздкие и нечитабельные карты. В этих картах на одном уровне размещают десятки (!) разнородных (!) понятий. Авторы искренне считают, что использование любого программного средства для мэппинга (например, Mind Manager или Xmind) автоматически превращает их беспомощные диаграммы в интеллект-карты, хотя результат бессистемен, перегружен лишними словами и образами.

Главное, что необходимо при разработке и-карты – это системный взгляд и обобщение. Именно эти навыки, похоже, знакомы далеко не всем авторам многочисленных псевдоконсалтинговых сайтов и компаний. Фактически они превращают любой список или перечисление в и-карту. Эти «консультанты» придумали даже абсолютно ненаучный термин – майнд-менеджмент.

Десятилетний опыт по обучению майнд-мэппингу на программах executive MBA и на корпоративных тренингах (курс требует от 6 до 12 академических часов) показывает, что не все люди, даже после обучения, способны разрабатывать полезные и правильные карты. Карта отражает структуру знаний, если она есть, либо её отсутствие, что порождает громоздкие, хаотичные и нечитабельные карты. Их примеров в сети Интернет, к сожалению, немало.

Список литературы

1. Бьюзен Т., Бьюзен Б. Супермышление. – Минск: Попурри, 2003.
2. Вертгеймер М. Продуктивное мышление. М.: Прогресс. 1987.
3. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. СПб, Лань, 2016.
4. Гаврилова Т.А., Лещева И.А., Страхович Э.В. Об использовании визуальных концептуальных моделей в преподавании // Вестник СПбГУ, серия «Менеджмент», 2011, № 4. –125–151.
5. Глаголева Е.А. Трудности усвоения школьных навыков – М.: Педагогика, 1926.
6. Дубровский Д.И. Психические явления и мозг. М.: Рипол Классик. 2013
7. Москвина Н., Москвин В. Межполушарные асимметрии и индивидуальные различия человека. М.: Смысл. 2011.
8. Роэм Д. Визуальное мышление Решение проблем и продажа идей при помощи картинок на салфетке. – М.: Эксмо. 2009.
9. Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг. М.: Медиа.1983.
10. Черниговская Т. В., В. Л. Деглин. Метафорическое и силлогистическое мышление как проявление функциональной асимметрии мозга // Ученые записки Тартуского Университета, Труды по знаковым системам. - Тарту, 1986, вып. 19, 68-84.

11. Chei Chang C. The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests // Innovations in Education and Teaching International. – 2008. – Vol. 45, № 4, 2008. 375–387.
12. Hverle D. Visual Tools for Transforming Information Into Knowledge. – Corwin. 2009.
13. Jeffery A.B., Maes J.D., Bratton-Jeffery M.F. Improving team decision-making performance with collaborative modeling // Team Performance Management. — Vol. 11, № 1/2, 2005. 40–50.
14. Lim B.C., Klein K.J. Team mental models and team performance: A field study of the effects of team mental model similarity and accuracy // Journal of Organizational Behavior, 27(4), 2006, 403-418.
15. Margulies N., Valenza C. Visual Thinking Tools for Mapping Your Ideas. Bethel, CT, USA: Crown House, Valenza, 2005.
16. Sperry R. Mind-brain interaction: mentalism, yes; dualism, no. // A.D. Smith, R. Llanas and P.G. Kostyuk (eds.), Commentaries in the Neurosciences. Pergamon Press: Oxford; 1980. 651–662.

УДК 005.94

Кубельский Мирослав Валерьевич

Аспирант 1-го года обучения

Кудрявцев Дмитрий Вячеславович

Кандидат технических наук, доцент

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕНЕДЖМЕНТЕ: СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО МЕЖДУ ВЕРБАЛЬНЫМ ОПИСАНИЕМ И ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ

Санкт-Петербург, Высшая Школа Менеджмента СПбГУ,
mirqube@gmail.com

Аннотация: в данной работе рассматривается понятие концептуальной модели и приводится способ классификации, с помощью которого проанализированы различные универсальные и специализированные, из области стратегического менеджмента, способы моделирования. В заключении представлен вывод о том, что концептуальное моделирование можно использовать для перехода от вербального описания к построению формальных моделей, а методы Архитектуры Предприятий являются наиболее формализованным типом концептуальных моделей.

Ключевые слова: концептуальное моделирование, архитектура предприятий, стратегический менеджмент

Miroslav V. Kubelskiy
1-st year Doctoral Student

Dmitry V. Kudryavtsev
Candidate of Science in Computer Science, Associate Professor

CONCEPTUAL MODELLING IN MANAGEMENT: A LINK BETWEEN VERBAL DESCRIPTION AND FORMAL MODEL

Saint-Petersburg, Graduate School of Management SPbU,
mirqube@gmail.com

Abstract: In this paper, the concept of a conceptual model is considered and a method of classification is presented, with the help of which various universal and specialized (from the field of strategic management) methods of modeling are analyzed. Also presented a conclusion that conceptual modeling can be used to move from a verbal description to constructing formal models, and Enterprise Architecture methods are the most formalized type of conceptual models.

Key words: conceptual modelling, enterprise architecture, strategic management

Исследование проведено при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 15-18-30048)

Введение

В основе процесса управления, который можно определить, как «процесс прогнозирования, планирования, организации, мотивации, координации и контроля, необходимый для того, чтобы сформулировать и достичь цели организации» [7], лежит другой фундаментальный процесс – процесс принятия решений. В современном мире этот процесс значительно осложнён высокой степенью неопределенности и огромными информационными перегрузками, возникающими в эпоху экономики знаний, т.е. сравнивать альтернативные решения и просчитывать возможные последствия становится все труднее. Тот факт, что заинтересованные стороны зачастую обладают различными культурными, профессиональными и личностными особенностями, также может значительно осложнять процесс принятия решений.

То, насколько эффективно отдельно взятая группа людей, например, организация, принимает решения, во многом определяет уровень её успешности и конкурентоспособности. Эффективное управление, основанное на оперативном принятии наиболее верных решений с их последующей реализацией, позволяет компаниям быстро адаптироваться к изменениям, происходящим во внешней среде, являющимися следствием ди-

намично изменяющейся экономики, высокого уровня вариативности ведения бизнеса и ускорения научно-технического прогресса.

Организация – это группа людей, деятельность которых сознательно координируется для достижения общих целей. Невозможно рассматривать организацию отдельно от внешней среды, в которой она осуществляет свою деятельность, а также отдельно от технологий и инфраструктуры, необходимых для поддержания жизнедеятельности организации. Внутри организации может протекать бесчисленное множество процессов, а также финансовых потоков, потоков информации и знаний, скорость передачи и объём которых многократно возрастают день за днём. Таким образом, современная организация является сложнейшим механизмом, управление которым – нетривиальная задача.

Учитывая всё вышесказанное, возникает желание рассмотреть организацию как набор элементов и процессов, связанных друг с другом, как нечто единое целое – как *систему*. Согласно одному из определений, *система — это совокупность взаимодействующих элементов, организованных для достижения одного или нескольких установленных назначений (ISO/IEC 15288:2008)*. Если сравнить определения терминов *организация* и *система*, то можно заключить, что организация – это система.

Основываясь на данном выводе, возникает желание использовать для управления и построения организаций те же подходы и методы, которые в той или иной степени применимы ко всем видам систем. Существует несколько научных направлений, посвященных изучению систем, так называемых *системных исследований* или *системных направлений*. Данные направления можно распределить в порядке возрастания степени их применимости для решения прикладных задач: в начале списка окажутся наименее прикладные направления, например, *теория систем* или *системный подход*, которые, скорее, являются методами философского познания, а в конце списка можно поместить наиболее прикладные и инженерные направления – *системный анализ*, *операционные исследования* и *системотехника* [3].

Моделирование как способ описания системы

Основным способом изучения систем является *моделирование систем* – создание *моделей*, или упрощенных систем, обладающих только теми свойствами изначальной системы, которые существенны для исследования. Существует и более точное определение термина “*модель*” – это описание системы (математическое, вербальное и т. д.), отображающее определенную группу компонентов системы, их свойств и отношений, существенных для управления и изучения системы [8]. Построение моделей может использоваться для описания, объяснения или предсказания изменений, происходящих в системе.

Способы моделирования могут быть классифицированы по множеству признаков, но одним из основных свойств модели является степень её *формализации* [3]. Наименее формализованным типом моделей являются *когнитивные модели*, представляющие собой субъективное отражение объекта исследования отдельным индивидом [8]. Когда индивид начинает описывать своё восприятие с помощью естественного языка, например, вербально, начинается постепенный процесс формализации модели. Далее можно увеличивать степень формализации, используя различные способы кодификации – символы, диаграммы и т.д. Наиболее формальным типом моделей являются *математические модели*. Таким образом, между неформальным, образным мышлением человека и формальными моделями классической математики сложился как бы «спектр» методов, которые помогают получать и уточнять (формализовывать) вербальное описание проблемной ситуации, с одной стороны, и интерпретировать формальные модели, связывать их с реальной действительностью с другой. Этот спектр условно представлен на рис. 1.

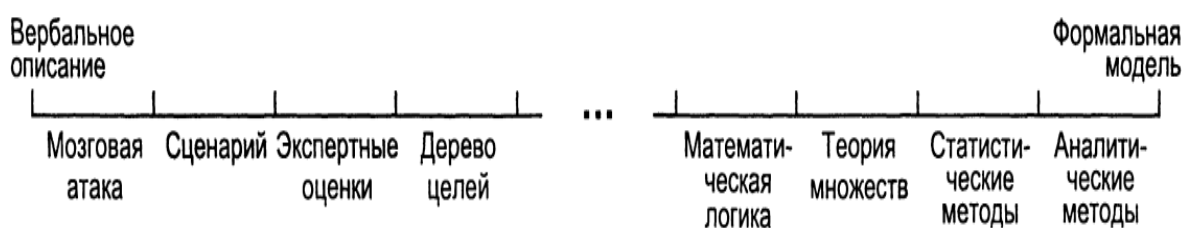


Рис. 1. Спектр методов моделирования – от вербального описания к формальному
Источник: [3]

Понятие концептуальной модели

Существует весьма обширный класс так называемых *концептуальных моделей*. *Концептуальная модель* — модель предметной области, состоящей из перечня взаимосвязанных понятий, используемых для описания этой области, вместе со свойствами и характеристиками, классификацией этих понятий, по типам, ситуациям, признакам в данной области и законов протекания процессов в ней. [1]

Построение концептуальных моделей, описывающих различные системы или *предметные области*, является одним из важнейших этапов изучения систем. Для успешного управления системой необходимо понимать, как она устроена – необходимо видеть составные элементы и взаимосвязи между ними. Построение концептуальных моделей помогает получить наглядное представление об устройстве организации или внешней среды – именно этим и обуславливается актуальность данной темы в рамках современной управленческой науки.

В процессе групповой работы, т.е. взаимодействия как минимум двух индивидов, применение различных методов концептуального моделирования может значительно повысить эффективность процессов передачи и создания новых знаний, т.к. данный тип моделей отображает не просто конкретные цифры или факты, но и то, как именно данные элементы связаны между собой, что значительно повышает качество понимания излагаемого материала конечным получателем [9]. Построение концептуальных моделей может использоваться для передачи и генерации сложных идей, мыслей и концепций, представление которых в текстовом или устном виде может быть достаточно громоздким и сложным для восприятия.

Существует классификация моделей, включающая в себя класс *концептуальных моделей*. Данная классификация (см. *рис. 2*) представлена в работах по математическому моделированию [8]:



Рис. 2. Взаимосвязь различных типов моделей
Источник: [8]

Важно отметить, что идеи о классификации моделей, предложенные Виолеттой Волковой (*рис. 1*) не противоречат, а дополняют рассмотренную выше классификацию. Действительно, в обеих классификациях можно проследить тенденцию перехода от наиболее абстрактного описания системы (вербальное описание/когнитивная модель) к более формальному. Получается, что концептуальные модели будут расположены примерно в середине «спектра», предложенного В. Волковой, т.е. кон-

цептуальные модели являются промежуточным звеном, связывающим вербальное описание и формальные модели.

Различные техники моделирования можно разделить по принадлежности к определенной области знаний – *универсальные*, то есть те, которые можно использовать для работы в различных областях знаний, и *специальные* – используемые только в границах конкретной области.

Например, большинство так называемых *визуальных концептуальных моделей* – концепт-карты (concept-maps), интеллект-карты (mind-maps) или когнитивные карты (cognitive maps) – относятся к классу универсальных. Существует большое количество исследований, посвящённых использованию подобных моделей для решения задач в области менеджмента [5, 9, 13, 14].

Примерами специальных концептуальных моделей могут послужить широко известные инструменты поддержки принятия управленческих решений из области стратегического менеджмента: SWOT-анализ [11], Пять Сил Портера и Цепочка Создания Стоимости [16], Матрица БКГ [10], Сбалансированная Система Показателей (ССП) [12] и бизнес-модель CANVAS [15].

Важно заметить, что существует целое множество различных моделей, объединенных такой дисциплиной как Архитектура Предприятий (Enterprise Architecture) [2], которые можно условно расположить на границе между концептуальными и формальными моделями.

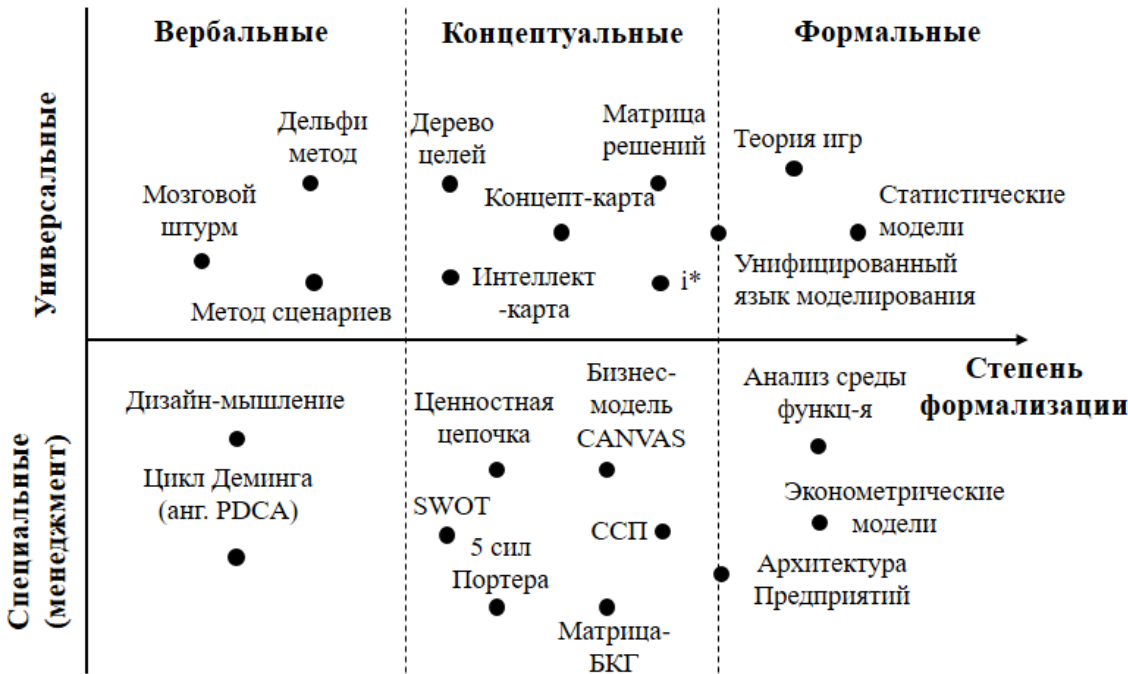


Рис. 3. Примерная классификация способов моделирования, используемых в менеджменте.
[Источник: создано авторами]

Данный тип моделей широко применяется в рамках такой дисциплины, как бизнес-инжиниринг, направленной на создание полезных типовых решений для определенных проблем предприятий. Бизнес-инжиниринг устраняет разрыв между теоретическими знаниями организационной науки (а также применимыми наработками технических и компьютерных наук), с одной стороны, и актуальными конкретными проблемами предприятий, с другой. Данный разрыв существует потому, что теории позволяют хорошо объяснять существующие явления на предприятиях, но плохо применимы для создания решений проблем, то есть для поддержки инноваций и эволюции. С научных позиций деятельность в рамках бизнес-инжиниринга может рассматриваться как управляемый итеративный поиск научно-обоснованных решений [6].

Основываясь на подобной классификации различных способов моделирования, можно предположить, что по степени формализации методы Архитектуры Предприятий являются связующим звеном между концептуальными и формальными моделями.

Изложенный выше материал графически представлен на диаграмме (рис. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В ходе данной работы была произведена интеграция двух комплементарных видов классификации техник моделирования, на основании чего удалось произвести условное позиционирование класса концептуальных моделей. Получается, концептуальные модели являются переходной формой от вербального описания к формальным моделям.

Методы Архитектуры Предприятий имеют наивысшую степень формализации в классе специализированных концептуальных моделей и располагаются на границе с формальными моделями, то есть являются переходной формой от концептуальных к формальным моделям.

Таким образом, существует возможность создания прикладной методологии поддержки принятия управленческих решений, предполагающей постепенный переход от абстрактного или вербального описания проблемы к построению концептуальной модели проблемной области с последующей формализацией до уровня формальных моделей с помощью методов Архитектуры Предприятий.

Тема концептуального моделирования находится на стыке различных областей знаний, таких как информационные технологии, системные исследования, когнитивные и управленческие науки, а построение матриц, таблиц и диаграмм различных уровней сложности, т.е. концептуальное моделирование, является неотъемлемой частью деятельности современного менеджмента. Данная тема является очень актуальной и перспективной для дальнейшего исследования.

Список литературы

1. Аверкин А.Н., Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. (1992). Толковый словарь по искусственному интеллекту. М.: Радио и связь.
2. Арзуманян, М., Кудрявцев, Д. (2015). Архитектура предприятия как связующее звено управленческих дисциплин. 18-я Российская научно-практическая конференция "Инжиниринг предприятий и управление знаниями": Сборник научных трудов. Том 1. Моск. госуд. ун-т экономики, статистики и информатики, 2015. 291-305.
3. Волкова, В.Н. и Емельянова, А.А. (2006). Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник.
4. Волкова В.Н., Черненькая Л.В., Магер В.Е. (2013). Классификация моделей в системном анализе. Научно-технические ведомости СПбГПУ 3'.
5. Гаврилова Т.А., Лещева И.А., Страхович Э.В. (2011). Об использовании визуальных концептуальных моделей в преподавании. Вестник СПбГУ, серия Менеджмент.
6. Кудрявцев Д.В., Арзуманян М.Ю., Григорьев Л.Ю. (2014). Технологии бизнес-инжиниринга: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехнического университета.
7. Мескон, Майкл, Альберт, Майкл, Хедоури, Франклин. (1997). Основы Менеджмента (Management) = Management / пер. Л. И. Евенко. — М.: Дело
8. Трусцов П.В. (2004). Введение в математическое моделирование: Учебное пособие. Логос.
9. Eppler, M. & Platts, K. (2009). Visual strategizing: the systematic use of visualization in the strategic-planning process. In: *Long Range Planning*
10. Henderson, Bruce. (1970). The Product Portfolio.
11. Humphrey, Albert. (2015). "SWOT Analysis for Management Consulting". *SRI Alumni Newsletter. SRI International*.
12. Kaplan, Robert S; Norton, D. P. (1992). "The Balanced Scorecard – Measures That Drive Performance". *Harvard Business Review* (January–February): 71–79.
13. Kudryavtsev, D. and Gavrilova, T. (2016). From Anarchy to System: a Novel Classification of Visual Knowledge Codification Techniques, *Knowledge and Process Management: The Journal of Corporate Transformation*.
14. Kudryavtsev, D., Menshikova, A., & Gavrilova, T. (2016). Representing Strategic Organizational Knowledge via Diagrams, Matrices and Ontologies, *International Journal "Information Theories & Applications"*, 23(1), 48-66.
15. Osterwalder A., Pigneur Yves, Smith, Alan. (2010). Business Model Generation. *Self-published*.
16. Porter, Michael E. (2008). The Five Competitive Forces that Shape Strategy. *Harvard Business Review*.

УДК 005.521:330.101.54

Сидорова Лариса Евгеньевна,
старший преподаватель
Сидоров Сергей Владимирович,
старший преподаватель
Шарафутдинов Ринат Яковлевич.
канд. экон. наук, доцент

О ФОРМАЛИЗАЦИИ И СПОСОБЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЛЬШОЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРОТИВОРЕЧИЯМИ

Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный
университет, lizalor@mail.ru

Аннотация: Описан процесс формирования человеческого капитала в национальной экономике и способ формализованного описания большой системы с изменяющимися и изменяемыми характеристиками.

Ключевые слова: финансовая система, динамика человеческого капитала, переходные процессы, формальные спецификации

Larisa E. Sidorova,
senior Lecturer
Sergey V. Sidorov,
senior Lecturer
Rinat Y. Sharafutdinov
Associate Professor

ON THE FORMALIZATION AND THE METHOD OF MODELING A LARGE SOCIO-ECONOMIC SYSTEM WITH CONTRADICTIONS

Novokuznetsk, Siberian State Industrial University

Abstract: Describes the process of human capital formation in the national economy and the manner of a formalized description of a large system with a changing and variable characteristics

Key words: the financial system, the dynamics of human capital, transition processes, formal specification

В условиях двойных стандартов (нечёткости) в оценке происходящего в мировой и национальной экономике, анализируем доступные противоречивые информационные поля, чтобы понять прошлое. Пони-

мать прошлое, надо для понимания происходящего и совершения «правильных» действий в настоящем. Анализ информационно - временного континуума, показывает, что, всплеск информационной активности возникает одновременно с изменениями в мировой финансовой системе. Вместе с быстрым изменением финансового капитала изменялся человеческий капитал США, Германии, России и других стран. Мир стремительно менялся, а национальные интересы и другие интересы какое-то время оставались замороженными. Процесс становления частного эмиссионного бизнеса и упадка золотого стандарта сопровождался ростом могущества транснациональных корпораций, переформатированием мировой торговли, изменением характера потребления, непрерывными военными конфликтами и повышенной информационной активностью. Быструю долларизацию мировой экономики сопровождают социальные катастрофы традиционных социально - экономических систем, так как ранее сформированный человеческий капитал, вдруг становится не нужным новой либеральной экономике.

Экономика — это множество технологий создания богатств. Есть две составляющие мировой экономики: консервативная и либеральная. Они имеют разные логики развития и традиции. Одновременно сосуществуют несколько технологических укладов: есть уклад людей, живущих по законам природы, за счёт «кормящей» природной среды, есть ремесленники, живущие за счёт «кормящей» антропогенной среды. Одни экономические уклады существуют автономно за счёт «кормящей» природной среды и сильно зависят от капризов (законов) природы, другие не могут существовать без законов «написанных юристами». Таким образом: экономическую деятельность определяют законы природы, природные условия и законы «написанные юристами», но при этом инвестиционный климат для либерального уклада, должен быть почему-то — «только благоприятный». Консервативная экономика «живёт» своим трудом, в любом климате, всё, что необходимо (многое) для целей жизнеобеспечения и развития, по возможности, человек производит своими силами. Самообеспечение требует соответствующей квалификации (компетенций) и образования. Но, так как всё необходимое для жизни производить нецелесообразно, то «жизненно необходимое» надо где-то покупать. Происходило разделение труда. Для развития «справедливой» торговли, при низкой рентабельности труда, необходим стабильный эквивалент труда. Как социальный эквивалент затраченного труда используется природное золото. Природное золото было деньгами, которые признавались без армии и какого-либо другого принуждения. Золотых денег при консервативном укладе в обороте было мало. В странах, где золото не добывали, его надо было выменивать на производимые товары или отвоёвывать у соседей. В Германии не было своих месторождений

золота, как сейчас газа. Это вынуждало немцев развивать ремёсла (компетенции), воевать с соседями и торговать с Россией. Финансисты искали суррогаты золота. В результате появились и стали деньгами бумажные доллары. У их производителей, их стало много, поэтому, вместо затрат собственного тяжелого труда, всё необходимое для жизнеобеспечения и развития, стало проще покупать у других, за бумажные деньги. Возник креативный инструмент воздействия на экономику геополитических конкурентов: просто, покупая у одних и не покупая у других, появилась возможность глобального управления социально - экономическими системами. Появилась возможность активно влиять на дальнейшее развитие экономики, предлагая свои деньги в долг. «Хозяин» печатного станка стал монополистом в управленческой деятельности. Произошла глобализация управления экономикой. Появился либеральный экономический уклад, опирающийся на частный эмиссионный бизнес, на бумажные деньги, как всеобщий эквивалент труда. Большой проблемой либеральной экономики было заставить людей отказаться от привычных золотых денег и считать деньгами бумажные доллары. В многочисленных войнах 20 века либералы успешно решили эту проблему. «Самодельные» бумажные деньги открыли либералам невиданные перспективы преобразований, перспективы благополучия, благосостояния, роскоши. Ранее, эту мечту описал в своём романе Дюма: «как угнетаемый в застенках Эдмон Дантес вдруг превратился в Графа Монте Кристо». Доллары направляются на проекты, обеспечивающие либералам свободу, социальную справедливость и власть.

Либеральной экономикой генерируется огромное множество мелких инвесторов, предпринимателей и спекулянтов, в совокупности обладающих компетенциями находить правильные экономические решения, определяющие направления экономического роста. Генерируется множество международных кредиторов, которые требуют и создают для себя благоприятный инвестиционный климат (привилегии), необходимый, чтобы инвесторы - «сверхчеловеки» могли с позиции финансовой силы «отжимать» богатства и присваивать результаты труда мелких инвесторов и спекулянтов, а также других укладов. Это наиболее капиталоемкая экономика, где монополию на экономическое развитие получили инвесторы - «сверхчеловеки». Стержневой человеческий капитал либеральной экономики это: частный эмиссионный бизнес, банкиры, юристы, предприниматели, квалифицированные потребители (избиратели), инвесторы, спекулянты, гуманитарные общественные организации и международные кредиторы. Бумажный доллар не может существовать без непрерывной экспансии. Без «инвестиционного партнёрства», в рамках которого для демократизации и улучшения жизни, предлагаются кредиты «отсталым» экономическим укладам. Используется принцип кредито-

ния: «Мы не сторонники разбоя», «Ему покажешь медный грош, и делай с ним что хош». Развиваются компетенции лигитимизации долларовой экспансии. Либеральной экономике необходимы эффективные механизмы принуждения: законы, написанные юристами, институты, гарантирующие свободное хождение доллара, и возврат долгов. Наблюдается противоречие: так называемая либеральная экономика не может существовать без механизма принуждения людей, лигитимизирующего доллар. Консервативной экономике такой изощрённый механизм принуждения людей не нужен. Кроме того, необходимость контроля движения и использования непрерывно печатаемых долларовых капиталов генерирует многочисленную либеральную финансовую бюрократию, со своекорыстными интересами. В результате созданный частным эмиссионным бизнесом для контроля своих инвестиций, своих финансовых потоков «Большой брат» Оруэлла контролирует и влияет на все мировые социально - экономические процессы. Всемогуший «Большой брат» непрерывно разрабатывает и совершенствует модели анализа эффективности инвестиций, в развитие свободы и демократии.

США страна, созданная книжниками и фарисеями. «Угнетаемые» в Европе люди, прибывшие («понаехавшие») на американские земли, с целью построения свободного демократического общества, истребили коренных жителей Америки, уничтожили ранее обожаемых ими «благородных дикарей». Либеральная экономика — это экономика двойных стандартов, когда могут говорить одно, а делать другое. Развитие США происходило на основе замысла Провидения и доктрины Монро — стратегии уничтожения геополитических конкурентов. Когда в США уничтожали геополитических конкурентов (индейцев), уничтожали тормозящий демократическое развитие человеческий капитал (самодостаточных людей, живущих за счёт симбиоза с природной средой), за скальпы убитых индейцев, в свободных и демократических США открыто платили доллары. В рамках этого процесса уничтожения ненужного либеральной экономике человеческого капитала, сформировались и укрепились современные компетенции и мотивация нового свободного человеческого капитала США, ориентированного на неограниченную экспансию и наживу. Но, если раньше, под предлогом борьбы с «дикостью», «варварством» в США, индейцев убивали открыто, то теперь все действия по уничтожению геополитических конкурентов они стараются лигитимизировать в ООН с помощью пробирок и т. п. Для этого развиваются всевозможные компетенции лигитимизации, совершенствуются креативные инструменты воздействия на геополитических конкурентов. Лигитимизация доктрины Монро происходит через решения ООН. В настоящее

время доктрина Монро стала скрытой, проявляется как двойные стандарты.

Многим в Европе не нравилась либеральная американская финансовая система с бумажным долларом, из-за которой исчезали привычные справедливость и определённость. Было много богачей, владеющих золотыми капиталами, не признающих бумажные доллары. Быстрая экспансия долларовых капиталов и возникший между либеральной финансовой элитой и консервативной финансовой элитой конфликт, привели к Первой мировой войне, в результате которой произошла замена человеческого капитала в мировой правящей элите, в мировой финансовой элите. В результате экспансии долларовых капиталов, «абсолютизм» в России и «отсталых вождей» в Европе заменили «прогрессивными» демократами. Например, в результате инвестиционного партнёрства Германии с Великобританией и США, на демократических выборах в Германии победил демократ Гитлер, так как человеческий капитал старой политической элиты обнулили. В финансовой сфере последовательно уничтожалось всё, что мешало развитию частного эмиссионного бизнеса. Глубинное государство, образовавшееся вокруг ФРС США («вашингтонское болото» с крокодилами) уничтожало традиционное глубинное государство, поддерживающее золотой стандарт. Уничтожался традиционный консервативный человеческий капитал, его мотивации и компетенции в мировой экономике. Одновременно, финансировались разные подходы к уничтожению золотого стандарта. Подобно индейцам Северной Америки, в первую половину 20 века, в результате февральской и октябрьской революции и борьбы с фашизмом были физически уничтожены геополитические конкуренты либералов — сторонники золотого стандарта в Европе. Как и в случае с индейцами, золотой стандарт стал узким местом для развития либеральной мировой экономики.

В США экономика развивалась большими силами, быстро. На развитие брали большие кредиты золотом, а потом не отдали. После прошедшей войны стало некому отдавать. Исторически, в дореволюционной России, всё, что делалось в интересах жителей, делалось в результате самоорганизации самих жителей, силами самих жителей, медленно. Большие дела свершались малыми силами, путём интегрирования имеющегося человеческого капитала. Личности были важнее финансовых институтов. Обширные, удалённые, богатые ресурсами территории, приносящие золото в казну, осваивались малыми силами людей, с большим человеческим капиталом. Сейчас, когда всё производится транснациональными корпорациями, произошла дифференциация человеческого капитала, самоорганизация граждан не приветствуется. В результате международного разделения труда, граждане демократической страны стали «ждуна-

ми», которые, даже когда «крокодил не ловится, не растёт кокос (национальная экономика)», всё равно ждут благоприятного инвестиционного климата, инвестиций, траншей, изобилия. Ждут инвесторов сверх - чело- веков, которые придут и решат все проблемы.

В условиях развития либеральной экономики, мир потребления «богачей» стремительно изменялся. «Стоящие у трона» многочисленные родственники Николая 2 (высококвалифицированные потребители) хорошо видели изменения, происходящие в среде новых «богачей» (бес- численных Графов Монте - Кристо), видели их показную роскошь, чув- ствовали себя угнетаемыми режимом в области потребления. Были не- довольны его правлением, его политикой, из - за которой, как они счита- ли, они превращаются в нищих, по сравнению с утопающими в роскоши Европейскими родственниками и богачами США. Им не хватало евро- пейской и американской роскоши. Когда они уже посчитали Россию по- бедителем в войне и думали о своём месте в новой послевоенной Европе, они потребовали перемен. Таким образом, противоречия в семье Романо- вых привели к революции. Конфликт, возникший в семье Романовых и до настоящего времени не разрешённый конфликт актуален и в настоя- щее время. В феврале 1917 года, безжалостно угнетаемые царским режи- мом, (в области потребления) Великие Князья решили построить копию США в России. Условия, ресурсы и потенциал для создания улучшенной копии США в России были. Великие князья видели изменения, произо- шедшие на Аляске. С целью реализации своего либерального проекта, они добились отречения Царя. Когда абсолютизм пал, исчезла личная власть и всей семьи Романовых, открылось окно возможностей. Для по- строения на базе России копии США в Европе, с либеральной финансо- вой системой надо было разрешить частный эмиссионный бизнес, за- брать своё золото у ФРС США и под защитой российской армии вклю- чить свой печатный станок. Сделать это оказалось некому. Когда «лич- ная власть» семьи Романовых в России пала, собственные демократиче- ские институты (глубинное государство) оказались слабы, большое влияние на политическую ситуацию получили международные институ- ты, идеи свободы, социальной справедливости, политические партии. Была сформирована демократическая комиссия по расследованию пре- ступлений царского режима. Великие князья оказались без поддержки европейских общественных организаций. Так как исторически всё в Рос- сии делалось малыми силами, в итоге, власть оказалась в руках внешних сил. Международные институты не поддержали Романовых — револю- ционеров в построении второй Америки. Они не получили контроль над процессами. Вторую Америку им строить не разрешили. Американские и

европейские финансисты решили, что: «Боливар не выдержит двоих». Революцию совершили Великие Князья, одержимые стремлением к большей роскоши, но произошла докапитализация либерального проекта свержения абсолютизма и «крестовый поход» продолжили другие, одержимые идеями социальной справедливости и свободы. В результате политики проводимой Николаем 2, быстро улучшалась жизнь подданных. В России был рост численности всех сословий. Благосостояние и численность некоторых слоёв росли быстрее. Все сословия в России хотели жить лучше и всем для этого просто не хватало денег и ещё чего-то. Поэтому никто из «ждунов перемен» не встал на защиту традиционной для России финансовой системы. Золотой стандарт пал, так как не стало его Гаранта.

В 1917 году в России началась новая смута, когда все боролись против всех. Началось уничтожение традиционного интеллектуального капитала России и её населения. В ходе гражданской войны, белое движение потенциально было за построение копии США в России. Поэтому американцы и европейцы выбрали большевиков, которые начали проект «диктатуры пролетариата», в крестьянской России. Большевики сразу «зачистили» предпосылки для построения копии США в России. Большевики получили свободу для построения плановой экономики. После исключения России из мировой торговли и голода в Поволжье, потери золотого запаса, другого пути и не было. Но потом всё равно был НЭП. В результате социальной катастрофы в России, когда прежний человеческий капитал, стал не нужен новой власти, так как приоритетом развития, после НЭПа стала индустриализация, возникла самобытная альтернатива американской финансовой системе. В рамках международного права, либеральной экономикой, были установлены ограничения для плановой экономики России. В 1919 году был законодательно запрещён лоббизм в США в пользу России.

В 1985 году была начата перестройка уже плановой экономики с точки зрения логики развития либеральной финансовой системы. Реформы проводились под контролем международных финансовых институтов, в рамках инвестиционного партнёрства с Западом. Началось «ускорение» - ускоренное уничтожение ненужного либеральной экономике самодостаточного человеческого капитала плановой экономики. Это была обычная экспансия доллара и легитимизированное уничтожение в процессе реформ традиционных экономических укладов геополитических конкурентов. Ограничения традиционным для России укладам теперь ставятся в ходе «демократического» законотворчества. Контролировать процесс уничтожения геополитического конкурента, сопоставимого по силе с США сложно, так как, подлежащие уничтожению уклады

могут быть очень жизнестойкими. Выдаваемые на реформы международные кредиты расходуются на уничтожение и утилизацию традиционных экономических укладов. Частично эти инвестиции разворачиваются. В результате таких реформ наступают депопуляция, разруха и долговая кабала. Международные кредиторы, постоянно требующие для себя благоприятного инвестиционного климата (привилегий) — это вынуждающая сила трансформации человеческого капитала.

У каждого экономического уклада есть стержневой человеческий капитал. Человеческий капитал современной России образован множеством всех, ранее существующих укладов: консервативного дореволюционного крестьянского менталитета, современного нео крестьянского, садоводов и дачников, советского индустриального, современного либерального.

Способность социально - экономической системы к самосохранению и самовосстановлению в неблагоприятных для неё условиях исследуется и определяется как глубинное государство. В современной экономике России одновременно сосуществуют три варианта глубинного государства с разным человеческим капиталом: натуральное хозяйство, остатки плановой экономики, либеральная экономика. Каждое глубинное государство способно генерировать собственную вертикаль власти. Поэтому и называется: глубинное государство. Если глубинное государство не принимает участия в формировании официальной вертикали власти, тогда интересы этих людей властью игнорируются. Пример людей, когда-либо мешавших прогрессивному развитию либерального уклада: индейцы США, крестьяне единоличники в России и СССР, сторонники золотого стандарта, плановая экономика и др.

Таким образом, сосуществуют три стратегии развития человеческого капитала. Периодически возникает и четвёртая разрушительная, деструктивная стратегия развития человеческого капитала — национал - социализм, басмачи, игил, терроризм, наркомафия и т. п. Условия для генерации человеческого капитала определяет и создаёт природа, социальная среда и финансовый капитал. Ограничения на развитие человеческого капитала устанавливаются природой и людьми, законодательно. Ограниченное количество золота (природное ограничение) снимается с помощью печатного станка. Количество бумажных долларов в обороте не ограничено. Другие ограничения снимаются с помощью науки, пропаганды, партийной идеологии и т. п. Та или иная стратегия развития реализуется в ходе демократического или тоталитарного законотворчества и путём расстановки приоритетов развития. В ходе законотворчества, каждая стратегия развития снимала ограничения для себя и устанавливала ограничения для своих геополитических конкурентов. У стратегий разные логики установления приоритетов и ограничений. Имеют разные со-

циальные смыслы, разное понимание объективности. Но все эти стратегии развития человеческого капитала существуют одновременно, на основе одной и той же ресурсной базе, конкурируют за ресурсы. Либеральная стратегия имеет постоянную дополнительную опору в виде антропогенного ресурса — частного эмиссионного бизнеса. Фактическая генерация человеческого капитала (ЧК) — это результат одновременного влияния множества противоречивых интересов. Генерация человеческого капитала происходит в условиях избыточности потенциального командования. На процесс генерации человеческого капитала в независимой России влияют: Государственные интересы России, интересы США, интересы либеральной финансовой элиты, интересы Германии, групповые социальные интересы, национальные интересы. Баланс каких интересов наиболее важен и нужен. За счёт каких бизнесов должен создаваться человеческий капитал России. Необходим механизм непрерывного согласования интересов. Нужен национальный консенсус внутри страны и достаточная защита от деструктивного внутреннего и внешнего влияния, чтобы в России был симбиоз, симфония существующих укладов и все уклады работали на рост национальной экономики, а не уничтожали друг друга. Внутри России либеральная экономика не должна паразитировать на консервативной составляющей и плановой. А должна предлагать им инновации, повышающие конкурентный статус России. Задача сводится к проблеме византийских генералов (российских олигархов).

Для моделирования большой системы с противоречиями необходимо множество уровней описания, моделирования. На первом уровне используются уравнения описывающие стратегии развития человеческого капитала для каждого уклада. Четырём укладам соответствуют четыре дифференциальных уравнения [2, стр. 197 (3.88)] «с помощью которых можно моделировать всё», описывающих сложную экономическую систему генерации человеческого капитала:

$$\text{ЧК}_1 = M_1 + K_1,$$

$$\text{ЧК}_2 = M_2 + K_2,$$

$$\text{ЧК}_3 = M_3 + K_3,$$

$$\text{ЧК}_4 = M_4 + K_4,$$

где ЧК_1 — человеческий капитал консервативного уклада; M_1 — мотивации консервативного уклада; K_1 — компетенции консервативного уклада; ЧК_2 — человеческий капитал либеральной экономики; M_2 — мотивации либеральной экономики; K_2 — компетенции либеральной экономики; ЧК_3 — человеческий капитал плановой экономики; M_3 — мотивации плановой экономики; K_3 — компетенции плановой экономики; ЧК_4 — деструктивный человеческий капитал; M_4 — мотивации деструктивного

человеческого капитала; K_4 — компетенции деструктивного человеческого капитала.

$$ЧК = ЧК_1 + ЧК_2 + ЧК_3 + ЧК_4$$

На втором уровне, для формализации поиска компромиссов и управления системами с противоречиями, можно использовать комитетные конструкции [3] и [4]. Анализ модели происходит путём постепенного составления формальных спецификаций (обобщённого опыта - шаблонов, для сопоставления их с реальностью) возможных переходных процессов [5]. Рассматриваются:

1. Открытый конфликт с геополитическими конкурентами. Все против всех. Де популяция.

2. Игнорирование интересов геополитических конкурентов и ограничения в правах в законодательстве для «неперспективных», «неэффективных».

3. Сотрудничество и согласование интересов всех категорий «благородных дикарей» и либералов. Создание механизма согласования интересов.

Основные факторы, определяющие скорость обновления человеческого капитала — это природные условия, экономические условия, интернет технологии и доступные финансовые ресурсы. Интересен анализ динамики человеческого капитала. Естественные и неестественные изменения человеческого капитала, при избыточном финансовом ресурсе. Скорость, время естественного и неестественного обновления человеческого капитала: человеческий капитал на уровне трудовых коллективов, человеческий капитал инновационной экономики, человеческий капитал экономики простых вещей, человеческий капитал улицы, человеческий капитал семьи, человеческий капитал поколения ЕГЭ. Какой человеческий капитал производится и для чего, ведь по-прежнему «кадры решают всё». Модель облегчает понимание сути происходящего и может быть основой для построения тренажёра, для исследования эффективности процессов самоорганизации и инвестирования в национальной экономике.

Список литературы

1. Денисов А. А., Колесников Д. Н. Теория больших систем управления: Учебное пособие для студентов вузов. - Л.: Энергоиздат, 1982. — 288с.

2. Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Системный анализ и управление». -СПб.: Издательство СПбГТУ, 1997. — 510с.

3. Мазуров Вл. Д. Метод комитетов в задачах оптимизации и классификации. — М. :Наука, 1990.

4. Трауб Дж, Васильковский Г., Вожьянковой Х. Информация, неопределённость, сложность: пер. с англ. - М.: Мир, 1988,-184С.
5. Градов А. П. Национальная экономика: Курс лекций. – СПб.:ИПК «БИОНТ», 1997 - 316с.
6. Смит Вера Происхождение центральных банков – А. Wilson-Smith, 1936. - 285с.
7. Гумилёв Л. Н. Этногенез и биосфера земли. Л., 1989.

УДК 004.942.001.57

Konstantin Vasilyev

MSc, MCIWEM, C.WEM, CSci, CEnv,
Flood Modeller Support Manager

CURRENT TRENDS IN DEVELOPMENT OF HYDROINFORMATICS TOOLS

Swindon, UK, CH2M, kostyavasiliev@hotmail.com

Abstract. In this paper current trends in development of Hydroinformatics Tools are described. These trends are: adjustment of the existing software, integration of existing software products, development of new products. Each of these trends is described in more detail in the paper. Such descriptions are supported by references to the examples of the real software in the water management industry. The novelty of the paper is that tendencies of development of software tools and illustration of these using existing software and processes from water management are analyzed for the first time.

Keywords: software development, trends, hydroinformatics, water management

Introduction

When there is a need to automate a process using software tools, usually one or a combination of processes listed below is followed:

- We can adjust an existing piece of software.
- We can integrate existing software products.
- We can develop a new product.

The first two approaches assume that there are already some software tools on the market that can tackle a similar problem, but which are not quite fit for purpose to the current process being automated. Hence there is a need to

adjust an existing product or integrate several products. Let's look at each of these approaches in more detail.

Adjustment of the Existing Software

Quite often it is necessary to adjust the existing software to the needs of projects which were commissioned to the consultancy company. It is done by numerous ways: writing extra modules, modifying the output results, which are later used for input to the same piece of code or another code, manipulation with input data, improving visualization of the results or reducing time for setting up of the model etc.

There has been a strong need to adapt the GIS packages to the standards of consultancy companies or the ones used in major Hydroinformatics Tools as the consultancy companies wanted other software packages to work with the data standards supported by their tools. Therefore different add-ons and extensions have been developed for the main GIS packages. The extensions provided by ESRI and MAPINFO to fulfill different tasks should be mentioned here.

Various 1D River Modelling software packages (CH2M's Flood Modeller, DHI's MIKE, DeltaRes' Sobek, US Army Corps of Engineers' HEC-RAS etc) have their own standards of data and most of them are already customized to one of the most popular GIS provided by ESRI.

For example in the MIKE WATER RESOURCES family there is Temporal Analyst, which is an ArcGIS powered tool that brings time series data management directly into GIS [1]; HEC-GeoRAS which is a set of procedures, tools, and utilities for processing geospatial data in ArcGIS using a graphical user interface (GUI). The interface allows the preparation of geometric data for import into HEC-RAS and processes simulation results exported from HEC-RAS [2]. DeltaRes has developed SOBEK-EM as a plug-in to ArcGIS for the emission module of their software package [3]. CH2M has at some point had a tool based on ArcGIS that would understand the data format of their Flood Modeller software [4].

However, all these tools mentioned above use ArcGIS as a basis. They are just extensions for ArcGIS. The main problem with this is the fact that ArcGIS is not distributed free of charge. So even if there is a project commissioned to DHI group and they want to use Temporal Analyst they have to have a license for ArcGIS, however they may not use all the ArcGIS functionality for this particular project.

The best solution of this problem is to develop a tool with some of the functionality as ArcGIS and that would be compatible with the data standard of a river modelling package. More about this you can read in "Development of new products" section of this paper.

Integration of the Existing Software Products

Often the demands of the projects commissioned to a consultancy company can be met by integrating the available tools. The projects mainly require simulation of large river reaches (in 1D) with a very fine computation of local areas (in 2D), calculations of runoff based on combination of free-surface and ground water models, conversion between different data standards.

By the beginning of XXI century lots of computer systems have been integrated in different spheres of science, and some principles have been developed, which can be applicable to any area. Following V.N. Yuriev's "Integrated automation systems for management of industrial enterprise" integration or coupling of computer systems has to undergo the following four actions (after V.N. Yuriev [5]):

1) The pieces of software to be integrated have to be evaluated. (V.N. Yuriev: "Targets and criteria of their evaluations of each of the components used for integration have to be coordinated".)

2) Methodology of integration has to be developed. (V.N. Yuriev: "Complex of tasks that leads to reaching the target of integration has to be solved".)

3) Information flows between the pieces of software used for integration have to be clearly identified. (V.N. Yuriev: "Information flows including the generalisation of information (when transferring from lower level of hierarchy of modules to higher) or differentiation (when transferring from higher to lower) have to be understood").

4) Integration should be profitable. (V.N. Yuriev: "The economic effect of application of the integrated tool exceeds the sums of economic effects of separate application of the components used for integration").

In this paper the author presents an overview of the ways how these principles are applied, when integrating different hydroinformatics tools.

Before integration takes place, it is important to decide on what the purpose of integration is and then which software packages are good for doing a certain part of a particular project, i.e. evaluate the targets of each of the software packages and test it on the data provided for a particular project.

When choosing the software tools for integration it has to be noted that different approaches might have been used in the tools under consideration and also run time of modelling tools might be different.

User interaction may be included so that to solve the issue of differences in approaches used. The user will be asked to specify, for example, the conversion coefficients for different measurement systems used. Also it is important to notify the user of all the assumptions made.

The differences in run time can also cause problems making the effort of integration not worth the result. For example, in CH2M it was found that the computational time required for a 1D model can be 1000 times lower than that required for 2D model [6]. This problem can be solved by simplification of approaches [7] however these simplifications have to be clearly communicated to possible users.

However, a more general way of “solving the tasks that lead to reaching the target” is to provide a methodology of integration. Some examples of methodologies for integration are mentioned below.

An example of a methodology of coupling can be found in paper on “A New Coupled Model for Studying the Hyporheic Zone and Hillslope-Floodplain Interactions” by J-P. Renaud et al. [8]. In this paper coupling of a free –surface flow model TELEMAC 2D and groundwater model ESTEL 3D is described.

In terms of increasing of an economic effect the paper [7] shows that the time for setting up the initial model in the integrated Flood Modeller-DIVAST system is generally less than in Flood Modeller (when building up a quasi 2D model, i.e. “pseudo 2D flood approach”). Also it shows that when applied to the modelling of the river Thames, the integrated model produced more accurate results than the “pseudo 2D flood approach”.

If the increase of the results accuracy and reduction of time for setting up of the model were among the targets of integration than in respect to these targets integration was “worth the effort”.

The information flows in an integrated model have to be clearly described. When facing with integration of systems written in different programming languages, there may be a problem of transferring data between these software packages. Special tools exist for this purpose such as Typed Data Transfer (TDT) Library, which moves the complexities of handling data types in different programming languages into a self-contained library of functions. The TDT was written by the Modelling Environment (ModEnv) group at the Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) [9]. The TDT has been applied for coupling 1D hydrodynamic, dike breach and Inundation models [10] in GeoForschungsZentrum in Potsdam, Germany.

Object-oriented approach and its principle of re-usability of objects and inheritance can significantly make integration of software packages written in an object-oriented language easier. These ideas can also be found in M. Murray’s PhD thesis [11] where with the implementation of the object-oriented techniques in ArcView 8.0 and ArcGIS 8.0 (ESRI hydro objects), it is now possible to couple these GIS and NOAH 1D closer.

Development of New Products

Most of the Hydroinformatics tools available on the market have to be purchased and it costs considerable money. Also, the consultancy companies are interested in integration of data exchange between the software packages that they use so that to accomplish the projects they are working on. Also they are interested in visualization of the results and application of GUI for input of data.

To facilitate visualization of the results and data input different extensions to GIS are developed. However as noticed in the section “Adjustment of the existing software” of this paper most of them still require usage of a GIS, and hence a company has to have a set of licenses to use this particular GIS, however most of the functionality of this GIS may not be used at all for a long time in the company.

Therefore it can be possible to save some money on licenses (reducing them to a very low number and maybe to 0 in the future) and develop a product that would substitute the most used functionality of the expensive third-party software.

In CH2M this idea was implemented by the development of DeltaMapper. It did not only substitute some of the most needed functionality of Arc-View (for flood mapping for example), but was compatible with the river modelling package data standard providing the ability to read the modelling software’s files.

Conclusion

By providing an overview of the trends taking place in the development of Hydroinformatics tools and the ways they are applied the author of this paper was aiming to make it clear that there is no such a piece of software that solves all problems. Thinking this way can be a common misunderstanding when somebody acquires a commercial software package. It is up to the user to find the most appropriate software product for each class of problems and if there is no software for this particular expertise the user will have to either develop it themselves or contact the developers and explain the needs to them and see if they can develop a tool for the user.

Nowadays every major area of the water cycle has several software packages that are automating calculations and data analysis in it. It coincides with the notion of Digital Neural Network of an enterprise described in Bill Gates’s book: “Business @ the Speed of Thought” [12]. In Digital Neural Network every process in the enterprise is modelled and data flows between

processes are defined and automated. This can of course be achieved by following one or a combination of trends as described in this paper.

References

1. Web-site of DHI group.<http://www.dhigroup.com>
2. Author unknown (2006) *HEC-RAS River Analysis System. User's Manual. Version 4.0 Beta*. Accessed from <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hecras-document.html>
3. Web-site of WL| Delft Hydraulics.
http://delftsoftware.wldelft.nl/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=15&Itemid=35
4. Author unknown (2002). *Manual for ISIS-GIS*. Halcrow Group Limited.
5. Yuriev, V.N. (1998) Интегрированные автоматизированные системы управления промышленными предприятиями [Integrated automation systems for management of an industrial enterprise]. In Volkova, V.N, Kuzin, B.I. (eds) Информационные системы [Information systems]. St. Petersburg: SpbGTU publishing house.
6. Wicks J., Syme B., Hassan M.A.A.M., Lin B. and Tarrant O. (2004) 2D modelling of flood plains – is it worth the effort? *Proceedings of the River and Coastal Flooding Conference, Defra, UK*: 1-10
7. Lin, B., Wicks, J.M., Falconer, R.A., Adams, K. (2006) Integrating 1D and 2D hydrodynamic models for flood simulation. *Proceedings of the Institution of Civil Engineering Water Management* 159/WM1: 19-25
8. Renaud, J-P, Cloke, J., Anderson, M. (2006) A New Coupled Model For Studying The Hyporheic Zone And Hillslope-Floodplain Interactions. HIC 2006, Nice, France [CD -ROM]. Research Publishing Services.
9. Web-site of Potsdam Institute for Climate Change Research.
<http://www.pik-potsdam.de/software/tdt>
10. Vorogushyn, S., Apel, H., Lindenschmidt, K.-E., Merz, B. (2006) Coupling 1d Hydrodynamic, Dike Breach and Inundation Models For Large-Scale Flood Risk Assessment along the Elbe River. HIC 2006, Nice, France [CD -ROM]. Research Publishing Services.
11. Murray, M. (2003), *An Investigation into Object-Oriented Approaches for Hydroinformatics Tools*. PhD Thesis, University of Newcastle upon Tyne.
12. Gates, B. (1999) *Business @ the Speed of Thought*. Description. *Web-site of Microsoft Corporation*
<http://www.microsoft.com/presspass/exec/billg/books/default.mspx>

УДК 65.014.1

Логинова Александра Викторовна
канд. экон. наук, доцент Высшей школы
киберфизических систем
и управления
Смолина Елена Михайловна
студент

МНОГОУРОВНЕВЫЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ

г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский университет Петра Великого
alexandra-lo@yandex.ru

Аннотация: Проблемам моделирования процедур принятия решений в организациях посвящен ряд многочисленных исследований и разработок, включая классические труды Х. Райфы, Р.Л. Кини, Д. Белла, Е.С. Вентцель, Б.Г. Литвака. Многоуровневые модели принятия решений составляют особую группу, описывая ситуации, требующие поиска компромисса между задачами, занимающими разные уровни в иерархической структуре. В статье рассматриваются многоуровневая модель принятия решений для управления персоналом организации. При построении модели использовались, в том числе, метод анализа иерархий Саати, метод решающих матриц Г.С. Поспелова.

Ключевые слова: многоуровневая модель, теория принятия решений, методы организации сложных экспертиз, управление персоналом.

Aleksandra V. Loginova
Candidate of Economic Sciences, Associate professor
Elena M. Smolina
Undergraduate student

MULTI-LEVEL DECISION MAKING MODELS AND APPLICATION OF THEM IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

Saint-Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
alexandra-lo@yandex.ru

Abstract: Numerous studies have been devoted to the problems of decision-making modeling and simulation, including classic works of H. Raiffa, R. L. Keeney, D. Bell, E. S. Wentzel, B. G. Litvak. Multilevel decision-

making models form a special group, describing situations that require a compromise between the problems on different levels of a hierarchical structure. The article discusses the multi-level decision model from the field of human resource management constructed using the techniques of complex examinations, such as the method of Saaty, the solving matrices method of G. S. Pospelov, ect.

Keywords: Multi-level decision making model, decision theory, techniques of complex examination, human resource management.

Многоуровневые модели принятия решений служат важным инструментом разработки составляющих организационной стратегии: например, они находят широкое применение в области управления поставками и сбытом, а также в области управления человеческими ресурсами. Как отмечают Г. Чжан, Дж. Лю и Я. Гао, при использовании многоуровневых моделей, с одной стороны, существуют трудности, сопряженные с построением самой модели, а с другой – проблема поиска приемлемого решения на её основе [8, с. v].

Следует признать, что большинство из задач, для которых многоуровневые модели находят применение, не решаются аналитически, например, с использованием инструментария математического программирования и теории оптимизации. Такие задачи относят к классу слабо структурированных [1, 5, 8], и их особенности требуют привлечения специальных приёмов и методов поиска не наилучшего, но приемлемого решения, включая приёмы постепенной формализации, методы теории нечётких множеств.

К числу известных методов снижения неопределённости при решении слабо структурированных задач относятся методы типа «дерева целей» и «дерева принятия решений», позволяющие снижать неопределённость задачи путём формирования многоуровневых иерархических структур, описывающих заданную предметную область. Вопросам разработки подобных структур и методов анализа их элементов посвящены исследования отечественных и зарубежных авторов: Дж. Р. Квинлана, М. Месаровича, Т. Саати, Ю.И. Черняка, Г.С. Пospelова, Ф.И. Перегудова, Ф.П.Тарасенко, В.Н. Волковой, С.А. Валуева [1, 2, 3, 4, 7] и др.

В данной работе предлагается построить многоуровневую модель для задачи подбора и расстановки кадров. Центральное место в модели занимают компетенции, составляющие, в свою очередь, компетентностную модель. Компетентностная модель всегда уникальна и отражает потребности конкретной организации, её ожидания в отношении сотрудников. Данная модель представляет собой упорядоченный перечень компетенций, который может быть построен как на основании профессиональ-

ных стандартов, так и на базе имеющего у организации опыта в области управления персоналом. К компетенциям в широком смысле относятся знания, умения, навыки, опыт деятельности, социально-психологические характеристики сотрудников.

Задачи, связанные с отбором и набором сотрудников, решаются организациями регулярно. В то же время эти задачи принадлежат к задачам, обладающим высокой степенью неопределенности, поскольку вероятность успеха сотрудника на новом месте работы зависит от многих, как внешних, так и внутренних факторов. Поэтому использование многоуровневой модели принятия решения в данном случае представляется вполне оправданным.

На рис. 1 показана идея многоуровневой модели. В её составе выделены несколько уровней:

1. Уровень структуры организационных целей и функций, который включает в себя: глобальную цель организации, на основе которой формируется стратегия организации; $Z = \{z_1, \dots, z_k\} = \{z_i | i \in \overline{1, k}\}$ — подцели для достижения глобальной цели; $U = \{u_1, \dots, u_s\} = \{u_i | i \in \overline{1, s}\}$ — задачи, которые решаются для реализации подцелей целей; $F = \{f_1, \dots, f_l\} = \{f_i | i \in \overline{1, l}\}$ — функции.

2. Уровень компетенций $K = \{k_1, \dots, k_n\} = \{k_i | i \in \overline{1, n}\}$. Данный уровень может включать в себя перечни компетенций (в т.ч. объединенные в группы по определенным признакам), соответствующие государственным стандартам, а также перечни компетенций, соответствующие требованиям самой организации.

3. Уровень структуры организационного управления, который определяет состав подразделений, должностей и связи между ними. Может включать в себя: должности $D = \{d_1, \dots, d_h\} = \{d_i | i \in \overline{1, h}\}$; подразделения (отделы, службы и т.п.) $Sd = \{Sd_1, \dots, Sd_p\} = \{Sd_i | i \in \overline{1, p}\}$; другие элементы — подуровни организационной структуры (например, департаменты).

Таким образом, с одной стороны, разрабатывается структура организационных целей и функций (для её формирования рекомендуется применять методики структуризации целей [1, 2, 6]). С другой стороны, для того чтобы сотрудники, занимающие определенное место в организационной структуре, выполняли эти функции, необходимо, чтобы они обладали соответствующим набором компетенций. Уровень компетенций занимает центральное место в модели.

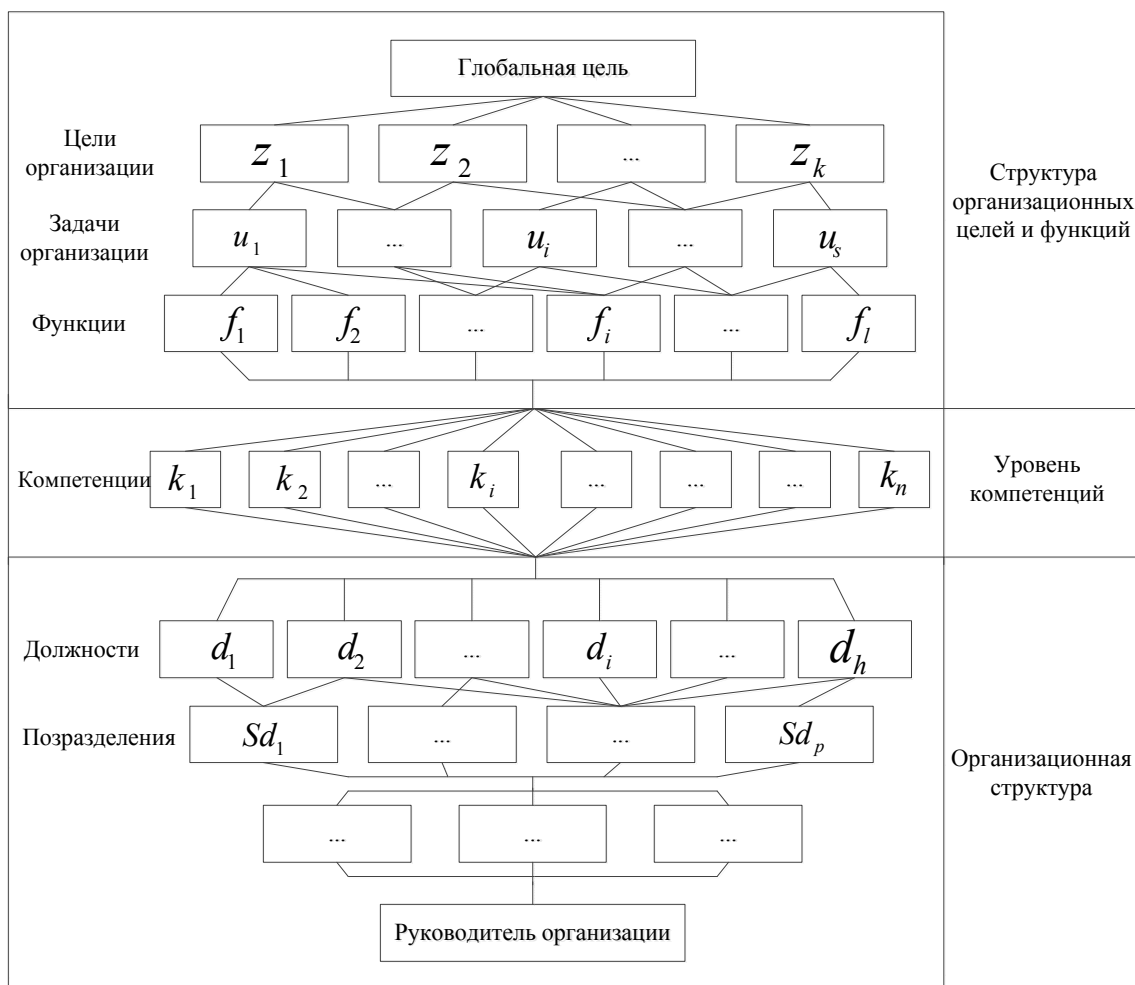


Рис. 1. Идея многоуровневой модели организационного управления на основе компетентностного подхода

Обобщенная постановка задачи управления человеческими ресурсами состоит в отборе претендентов из множества $C = \{c_1, \dots, c_m\} = \{c_j | j \in \overline{1, m}\}$ на должность из множества $D = \{d_1, \dots, d_h\} = \{d_i | i \in \overline{1, h}\}$ с учётом состава функций для этой должности из множества $F = \{f_1, \dots, f_l\} = \{f_i | i \in \overline{1, l}\}$ и требуемых для выполнения конкретных функций компетенций из множества $K = \{k_1, \dots, k_n\} = \{k_i | i \in \overline{1, n}\}$.

Из всех претендентов выбирается тот, кто в наибольшей степени обладает компетенциями, требуемыми для выполнения функций определенной должности. Для сравнения претендентов друг с другом каждый из них оценивается по каждой компетенции, в результате чего формируется результирующая оценка каждого претендента

$$o_j = o_j(K, c_j), c_j \in C, o_j \in O,$$

где $o_j \in O = \{o_1, \dots, o_m\} = \{o_j \mid j \in \overline{1, m}\}$ — оценка j -го претендента из множества $C = \{c_j \mid j \in \overline{1, m}\}$; $K = \{k_1, \dots, k_n\} = \{k_i \mid i \in \overline{1, n}\}$ — множество всех компетенций.

Тогда целевой критерий задачи можно определить следующим образом:

$$o_j^* = \max_j \{o_j(K, c_j)\},$$

необходимо из множества результирующих оценок всех претендентов выбрать максимальную, что означает отобрать претендента с наилучшей оценкой по всем компетенциям.

Формирование состава компетенций и оценка их значимости (т.е. построение модели компетенций для конкретной должности, подразделения или организации) выполняются с привлечением экспертных процедур, при этом в роли экспертов выступают линейные руководители, сотрудники кадровых служб, психологи и т.п.

В работе для реализации задачи оценки компетенций, построения компетентностной модели и дальнейшей оценки исполнителей на её основе предложено использовать ряд методов. Одним из них является метод решающих матриц (МРМ) Г.С. Поспелова.

Предложена модификация многоуровневой модели Г.С. Поспелова (рис. 2) — трёхуровневая модель, включающая: $E = \{e_1, \dots, e_k\} = \{e_z \mid z \in \overline{1, k}\}$ — уровень экспертов (экспертам назначаются оценки относительной важности $\alpha_1, \dots, \alpha_z, \dots, \alpha_k, z \in \overline{1, k}$); $K = \{k_1, \dots, k_n\} = \{k_i \mid i \in \overline{1, n}\}$ — уровень компетенций, оценки которых $\beta_1, \dots, \beta_i, \dots, \beta_n, i \in \overline{1, n}$ вычисляются в процессе реализации расчётов по модели; $C = \{c_1, \dots, c_m\} = \{c_j \mid j \in \overline{1, m}\}$ — уровень претендентов на должность, для которых вычисляются оценки относительной важности $\gamma_1, \dots, \gamma_j, \dots, \gamma_m, j \in \overline{1, m}$, показывающие какой из претендентов наиболее удовлетворяет перечню необходимых компетенций.

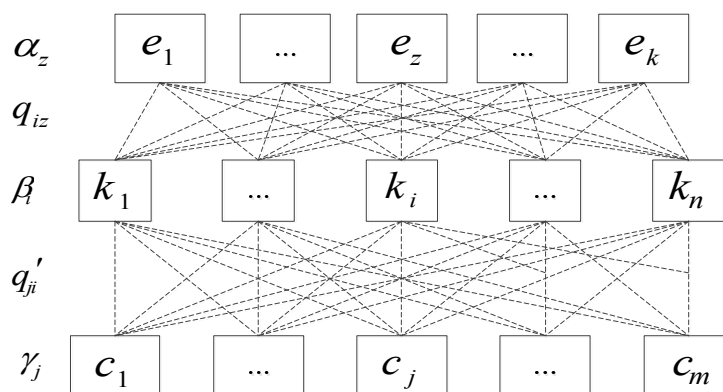


Рис. 2. Модель расчета оценок относительной важности компетенций и претендентов на должность, основанная на методе решающих матриц

Отношения между элементами каждой пары соседних уровней представляются в виде решающей матрицы, число столбцов в которой равно количеству элементов на вышележащем уровне, а число строк – количество элементов нижележащего уровня. Значение элемента на пересечении столбца и строки отражает оценку связи между рассматриваемыми элементами. Алгоритм работы с моделью представлен на рис. 3.



Рис. 3. Алгоритм работы с моделью оценки персонала, основанной на методе решающих матриц

Помимо модели, основанной на МРМ, для оценки претендентов на должность в данной работе предлагается использовать: оценки относительной важности и взаимосвязанности из методики ПАТТЕРН [1, 5], метод анализа иерархий Саати [4], информационные оценки А.А. Денисова [1]. Для реализации процедур оценки на основе метода анализа иерархий был написан программный код на языке Matlab. Поскольку перечисленные методы предлагают использование экспертами шкал различ-

ного типа, удобным стало сопоставление полученных с помощью различных моделей результатов путём построения гистограмм (рис. 4 а, б).

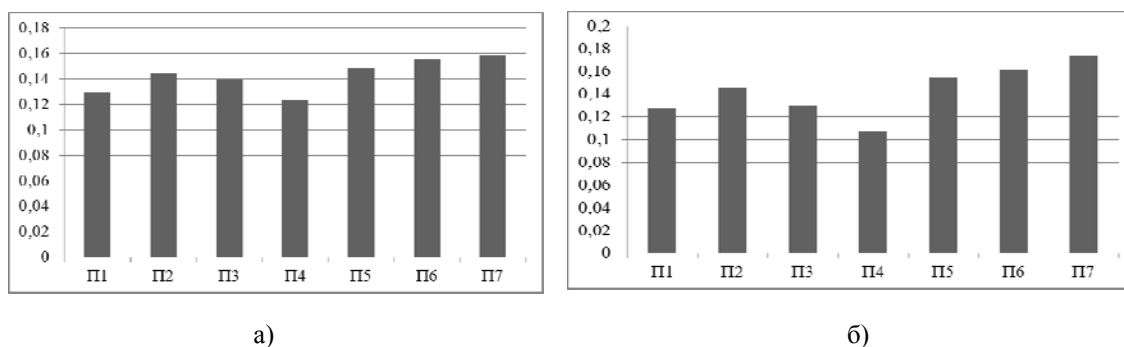


Рис. 4, а. Результаты оценки 7-ти претендентов, полученные с помощью модели, основанной на МРМ;

б — Результаты оценки тех же 7-ти претендентов, полученные с помощью модели, основанной на методе анализа иерархий

Результаты оценки персонала в работе предлагается использовать в качестве входных данных для решения задачи о расстановке сотрудников (распределения между ними работ). Задачу подбора персонала требуется решать как с учётом компетенций, относящихся к профессиональным знаниям, умениям и навыкам, так и с учётом компетенций, связанных с социально-психологическими особенностями личности сотрудника. Поэтому дополнительно предложено оценивать результаты решения задачи о расстановке кадров, привлекая методы организационной психологии (например, теорию «ролей в команде» М. Белбина).

В заключение следует отметить, что идея многоуровневой экспертной оценки персонала, основанная на компетенциях, может быть использована, прежде всего, в крупных организациях, имеющих сложную структуру управления и уделяющих внимание разработке собственных компетентностных моделей.

Список литературы

1. Волкова, В.Н. Теория систем и системный анализ: Учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. — М.: Юрайт, 2016. — 462 с.
2. Льюноградский, Л.А. Системная матрица / Л.А. Льюноградский. — Самара: «Издательство СНЦ РАН», 2013. — 92 с.
3. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахага. — М.: Мир, 1973.
4. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / Т. Л. Саати. — М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.
5. Теория систем и системный анализ в управлении организациями:

Справочник / В.А. Баринов, Л.С. Болотова, В.Н. Волкова, А.А. Денисов [и др.]. — М.: Финансы и статистика, 2009. — 848 с.

6. Юрьев, В.Н. Методы оптимизации в экономике и менеджменте: Учебное пособие — 2-е изд., исп. / В.Н. Юрьев, В.А. Кузьменков. — СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. — 540 с.

7. Quinlan, J.R. Induction of Decision Trees / J.R., Quinlan // Machine Learning 1986. — 1. — Boston: Kluwer Academic Publishers. — pp. 81-106

8. Zhang, G. Multi-Level Decision Making Models: Methods and Applications / Guangquan Zhang, Jie Lu, Ya Gao. — Berlin; Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. — 377 p.

УДК 1082-004

Кудрявцева Арина Сергеевна,
студентка

МОДЕЛИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ИННОВАЦИЙ ДЛЯ АО «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Россия, Санкт-Петербург, arinkin94@mail.ru

Аннотация. В статье на основе структуры целей и функций АО «Адмиралтейские верфи» предложены инновации. Проведена оценка нововведений несколькими методами и даны рекомендации по их внедрению.

Ключевые слова: инновации, информационные модели, оценка взаимного влияния, информационные оценки во времени.

Arina S. Kudriavtceva
Student

COMPARATIVE ANALYSIS OF INNOVATIONS FOR ADMIRALTY SHIPYARDS

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia. St. Petersburg,
arinkin94@mail.ru

Abstract. In this article innovations for Admiralty Shipyards were proposed. The evaluation of innovations was carried out by several methods and recommendations were given on the introduction of innovations.

Keywords: Innovations, information models, evaluation of mutual influence, information evaluation in time

0. Введение

Инновационная деятельность предприятия основана на системе мероприятий по использованию научного, научно-технического и интеллектуального потенциала с целью получения нового или улучшенного продукта либо услуги, нового способа их производства для удовлетворения как индивидуального спроса, так и потребностей общества в новшествах в целом.

Инновация – это введение в употребление какого-либо нового или значительно улучшенного продукта или процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях [7].

Инновации ведут к обновлению рынка, улучшению качества и расширению ассортимента товаров и услуг, созданию новых методов производства, сбыта продукции, повышению эффективности управления.

В то же время внедрение инноваций требует дополнительных финансовых, технических, кадровых ресурсов. Поэтому нужно ставить задачу управления инновационной деятельностью предприятия, оценки и выбора инноваций с учетом соответствующего периода его развития.

1. Постановка задачи выбора инноваций

1.1. Формализованная постановка задачи

Задачу сравнительного анализа и выбора инноваций можно формализовано представить следующим образом.

Необходимо на основе структуры целей и функций АО «Адмиралтейские верфи» $Z = \langle z_1, z_2, \dots, z_j, z_m \rangle$ предложить инновации $ИНН = \langle ИНН_1, ИНН_2, \dots \rangle$ для завода, провести оценку нововведений несколькими методами и дать рекомендации по их внедрению.

1.2. Выбор подхода к решению задачи

С учётом того, что задачу невозможно сразу поставить математическими методами, применим системно-целевой подход к её решению. Системно-целевой подход заключается в построении структуры целей, определении на её основе функций управления и определении средств достижения целей, включая инновации. Преимущества системно-целевого подхода заключаются в возможности учитывать особенности объекта управления и условия его деятельности, изменять и расширять состав функций.

1.3. Методика решения задачи

Для построения структуры целей и функций (ЦФ) применяется обобщённая методика. На верхнем уровне структуры используется методика структуризации целей, базирующаяся на концепции системы, учитывающей её взаимодействие со средой, а ветви формируются с использованием других методик (см. ссылки в[3]).

2. Построение структуры ЦФ и выбор инноваций

2.1. Построение структуры ЦФ АО «Адмиралтейские верфи»

Главной особенностью развития производства АО «Адмиралтейские верфи» является решение двух проблем:

- 1) повышение производительности оборудования;
- 2) обеспечения гибкости производительных систем, т.е. возможность быстрой перестройки производства на выпуск новой продукции.[6]

Для построения структуры целей и функций (ЦФ) применена обобщённая методика.

2.2 *Определение состава ИНН и их сопоставление со структурой ЦФ*

В целях улучшения качества продукции и повышения производительности АО «Адмиралтейские верфи» определим набор инноваций как:

$INN = \langle INN_1, INN_2, INN_3, INN_4 \rangle$, где INN_1 – закупка электронно-измерительной машины, INN_2 – введение робототехники для транспортировки заготовок и деталей машины, INN_3 – закупка компьютеров нового поколения, INN_4 – обучение персонала.

ИНН следует направить на автоматизацию процесса производства, обслуживание оборудования и обучение персонала новейшим технологиям. Все предложенные ИНН удовлетворяют этому условию. Сопоставив ИНН со структурой, ЦФ можно окончательно в этом убедиться (рис.: 1). Описанные ИНН являются разнородными, поэтому их трудно оценить традиционными экспертными оценками, требующими их сопоставления по горизонтали. Для них нужны оценки на основе информационного подхода А. А. Денисова [4], в соответствии с которыми ИНН оцениваются единичными экспертами, а затем получаются обобщённые оценки на основе специальных процедур [3, 5].

3. Оценка инноваций

Для оценки ИНН будем применять методы организации сложных экспертиз, основанные на информационном подходе А. А. Денисова [4].

1. Применение информационных моделей 1-го вида.
2. Оценки с учетом взаимного влияния ИНН.
3. Измерение информационных оценок во времени.

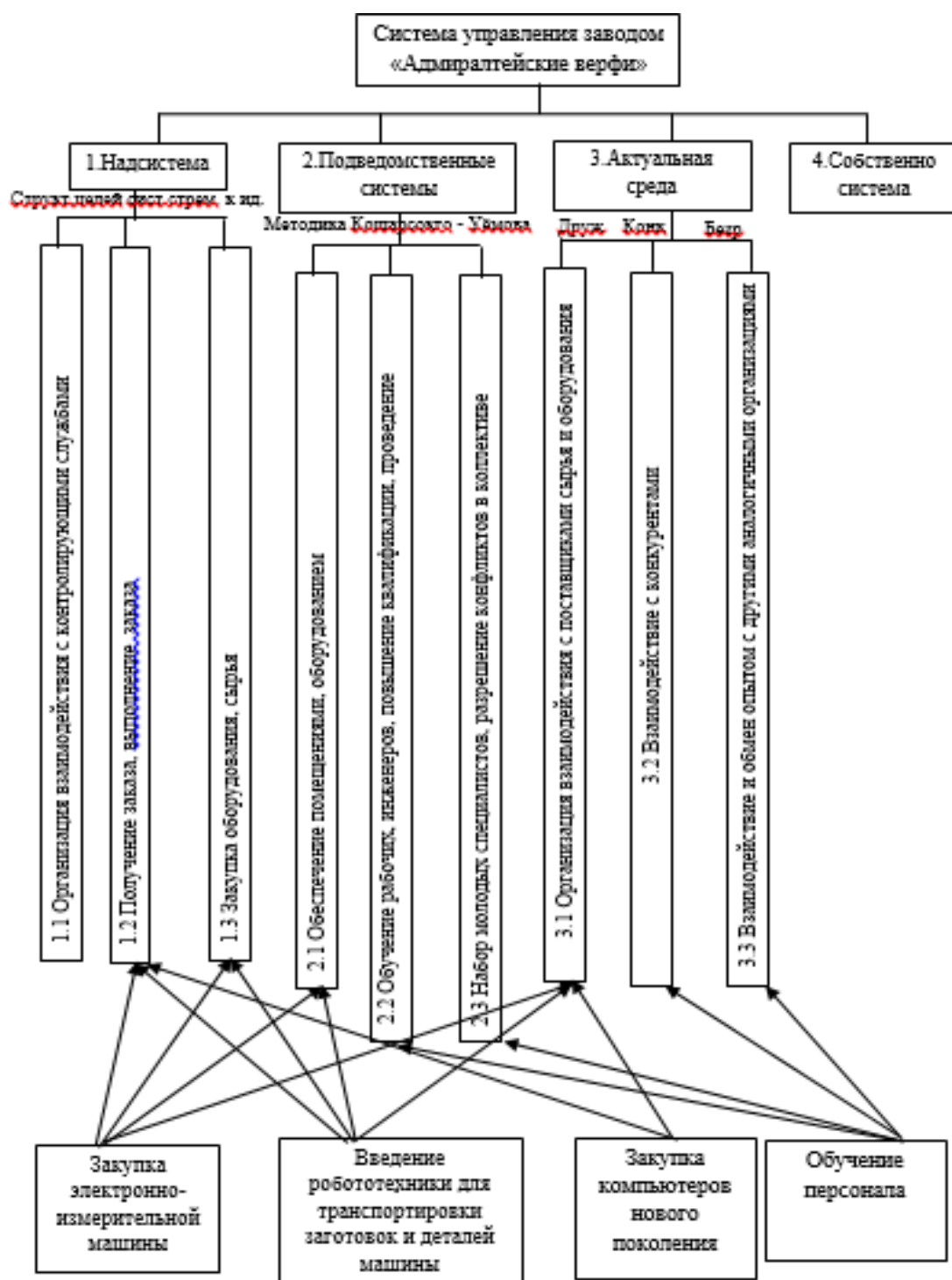


Рис.1 – Сопоставление ЦФ и инноваций

3.1.Разработка моделей

3.1.1 Информационные модели 1-го вида

Применение информационных моделей 1-го вида основано на оценке степени влияния ИНН на реализацию целей предприятия в анализируемый период развития. В соответствии с информационным подхо-

дом для оценки каждой ИНН вводятся оценки степени целесообразности и вероятности использования инноваций и вычисляется потенциал (значимость) H_i нововведения. Совокупное влияние нововведений определенной группы (например, объединяемых общей подцелью) [1, 3, 5];

$$H = - \sum_{i=1}^n q_i \log(1 - p'_i).$$

где p'_i – степень влияния инновации на достижение цели (подцели);
 q_i – вероятность реализации инновации.

Оценку инноваций выполнена в АДП In-Sight. По результатам подсчетов программы получаем суммарные значимости нововведений:

Алгоритм представлен на рисунке 2.

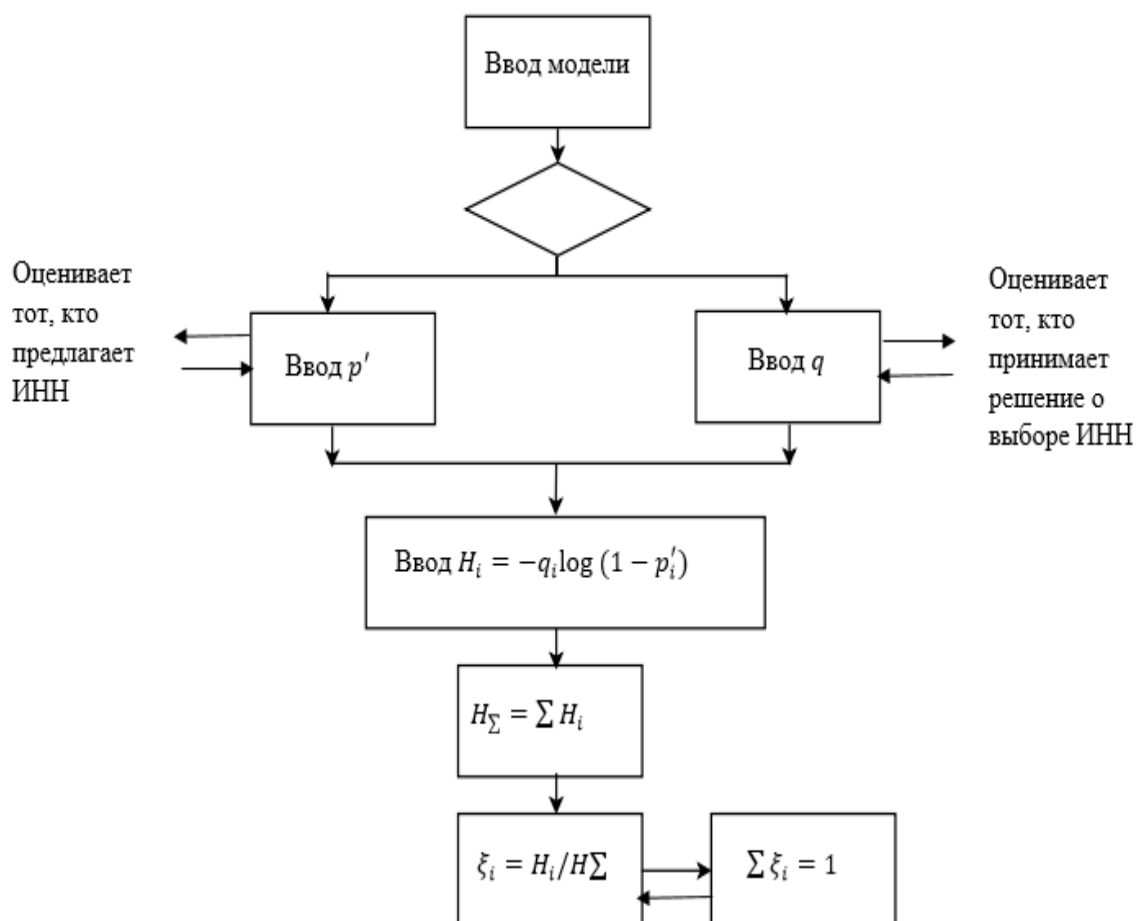


Рис.2 – Алгоритм оценки инноваций

3.1.2 Оценка взаимного влияния инноваций

Оценка ситуаций, описываемых информационными уравнениями с учетом взаимного влияния инноваций:

$$\begin{aligned}H_1 &= f(H_{11}, H_{12}, H_{13}), \\H_2 &= f(H_{21}, H_{22}, H_{23}), \\H_3 &= f(H_{31}, H_{32}, H_{33}).\end{aligned}$$

$H_1, H_2, H_3, \dots$ – значимость (сущность) 1-го, 2-го, 3-го и т.д. нововведения (например, новых изделий в пространстве их возможного использования, т.е. ценность «цена» этих изделий).

$H_{11}, H_{22}, H_{33}, \dots$ – собственная значимость (ценность, «себестоимость», «цена») 1-го, 2-го, 3-го, i -ого нововведения при отсутствии других нововведений, влияющих на его ценность.

$H_{12}, H_{23}, H_{21}, \dots$ – изменение ценности i -ого нововведения при наличии j -ого нововведения. [1, 3, 5].

3.1.3 Измерение информационных оценок во времени

Информационные модели 2-го вида основаны на сравнительном анализе сложных систем в течение определенного начального периода их проектирования (внедрения, развития) путем сопоставления изменения информационных оценок во времени.

В АДП Eval-t реализован метод организации сложных экспертиз, основанный на информационном подходе, с применением информационных моделей 2-го вида. При применении информационных моделей 2-го вида, основанных на сравнительном анализе сложных систем в течение определённого начального периода их проектирования путём сопоставления изменения информационных оценок во времени, можно использовать два способа измерения H_i :

- 1) через вероятность p'_i ;
- 2) посредством детерминированных характеристик воспринимаемой информации

Последний способ включает в себя два подхода.

В статике в какой-то момент внедрения НВВ (принимая среднеарифметическое усреднение $\gamma = 1$)

$$H_i = J_i / n_i,$$

J – информация о количестве нововведений, измеряемая в относительных единицах, т.е.

$J_i = A_i / \Delta A_i$, где ΔA_i – минимальное количество нововведений i -го вида, которое определяет единицу измерения [2].

Алгоритм измерения информационных оценок во времени представлен на рис.3.

Для реализации моделей применялись автоматизированные диалоговые процедуры (АДП) [3, 5].

На основе оценок, полученных при работе с АДП, в программе Microsoft Office Excel построим гистограммы (рис. 5 и 6).

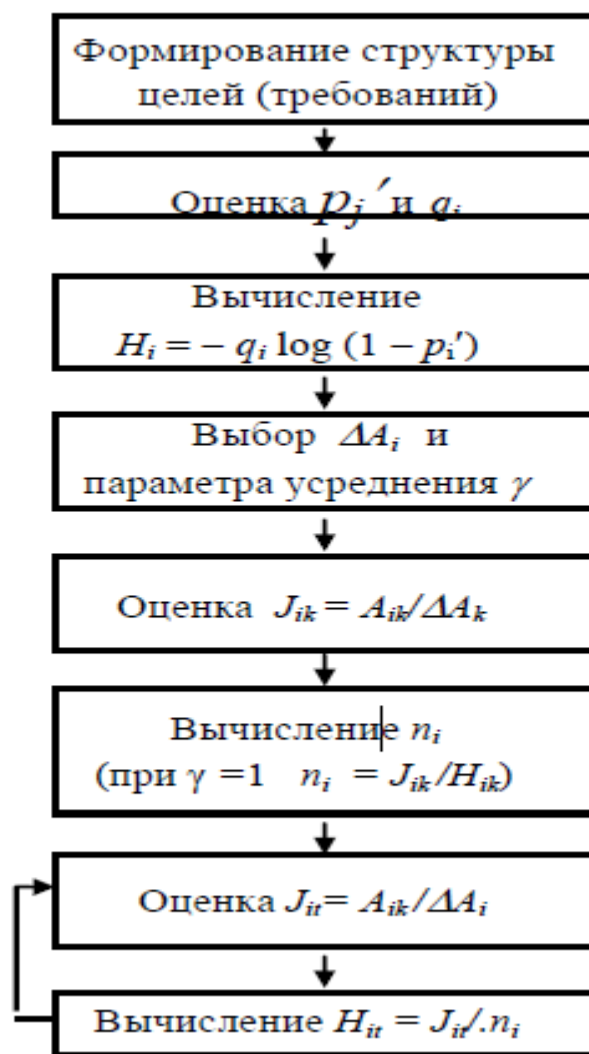


Рис.3. Алгоритм измерения оценок во времени

4. Анализ полученных результатов

На рис. 5 изображены гистограммы, полученные при применении информационных оценок 1-ого вида. На основе этих гистограмм можно сделать вывод о том, что более значимыми (т.е. более приоритетными для внедрения) являются INN_2 – «введение робототехники для транспортировки заготовок и деталей машины» и INN_3 – «закупка компьютеров нового поколения».

Для применения информационных оценок во времени были выбраны инновации INN_3 – «закупка компьютеров нового поколения» и – INN_4 «обучение персонала». Гистограмма, изображенная на рис. 6 показывает, что более приоритетной для внедрения является инновация INN_4 – «обучение персонала».



Рис.5 – Гистограмма, полученная при применении информационных оценок 1-ого вида



Рис.6 – Гистограмма, полученная при применении информационных оценок во времени

Для применения информационных оценок во времени были выбраны инновации **INN₂** – закупка компьютеров нового поколения и **INN₄** – обучение персонала. Гистограмма, изображенная на рис.6, показывает, что более приоритетной для внедрения является инновация **INN₄** – «Обучение персонала».

Таким образом, после применения измерения оценок во времени приоритеты изменились.

Заключение

В ходе выполнения работы предложены инновации и проведена их оценка с применением информационных оценок А. А. Денисова.

В результате проведенных исследований показано, что применение двух видов оценок позволяет уточнить оценки, и приоритеты оцениваемых нововведений могут измениться.

Список литературы

1. Волкова В. Н. [и др.]. Модели управления инновационной деятельностью предприятий и организаций / В. Н. Волкова, А. В. Логинова, Е. А. Яковлева. – СПб.: Изд-во Политехн. университета Санкт-Петербург 2014. – 256 с.
2. Волкова В. Н. Теория информационных процессов и систем / В. Н. Волкова. – М.: Изд-во Юрайт, 2014. – 502 с.
3. Волкова В. Н. Методы организации сложных экспертиз: учеб. пособие / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 128 с.
4. Денисов А. А. Современные проблемы системного анализа: учебник. / А. А. Денисов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 304 с.
5. Моделирование систем и процессов: Практикум для академического бакалавриата / Под ред. В. Н. Волковой. – М.: Изд-во Юрайт, 2016. – 295 с.
6. [Электронный ресурс] – URL http://admship.ru/?page_id=60
7. Руководство ОСЛО. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. Совместная публикация (ОЭСР) и Евростата. М., 2010.

Микеладзе Бессарион Давидович,
аспирант

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА КОГНИТИВНО-
ГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИ-
ЕМ НА ПРИМЕРЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ**

Россия, Санкт-Петербург,
Санкт-Петербургский Политехнический университет
Петра Великого, Высшая школа киберфизических систем и управления,
Bessarion.Mikeladze@gmail.com

Аннотация: Задача работы – выявление и структурирование закономерностей при моделировании сложных объектов строительной индустрии. Последовательная итерация модели от закрытой к открытой. Сопоставление и дальнейшая аппроксимация системы на уровне когнитивных моделей с натурными исследованиями.

Ключевые слова: системный анализ, управление проектированием, когнитивное моделирование, многофункциональный комплекс, модель

Bessarion D. Mikeladze
graduate student

**USING THE COGNITIVE MODELING APPARATUS FOR DESIGN
MANAGEMENT BY THE EXAMPLE OF A MULTIFUNCTIONAL
COMPLEX IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**

Russia, St. Petersburg,
St. Petersburg Polytechnic University of
Peter the Great, Higher School of Cyberphysical Systems and Manage-
ment, Bessarion.Mikeladze@gmail.com

Abstract: The task of the work is to identify and structure regularities in modeling complex objects of the construction industry. Sequential iteration of the model from closed to open. Comparison and further approximation of the system at the level of cognitive models with full-scale studies.

Key words: System analysis, design management, cognitive modeling, multifunctional complex, model

Управление проектированием множеством элементов с отношениями и связями между ними, образующими единую технологическую цело-

стность в строительной индустрии определяется в многообразии выявляемых связей и отношений, как вне зданий, так и внутри объектов строительства. Сложность проблемы управления проектированием многофункциональных комплексов (МК) обусловлена необходимостью поиска компромисса между целостностью представления сложного объекта и детализацией описания его компонентов в процессе разработки и реализации проекта. Сами критерии и их описание можно разделить на два способа подхода к ним: объективный, предполагающий идею некоторого идеального решения и субъективный, позволяющий, абстрагировавшись от предпосылок дня минувшего и устремиться в творческое русло созидательного поиска нового, оптимального решения.

Субъективные оценки – количественные характеристики, назначаемые экспертами в соответствии с определённым ранжированием ценностей и введённой балльной системой [1]. В работе рассмотрен практический опыт использования когнитивных моделей [2] при строительстве МК.

Для построения карты отношений и связей были выделены основные компоненты и критерии, влияющие на успешность реализации проекта (табл. 1), с позиций: государства (муниципальные органы власти), инвестора (строительная организация) и покупателя (эксплуатант).

Таблица 1. Компоненты и критерии МК

Критерии	Наименование	Обозначение
Комплекс зданий и сооружений входящих в МК	- Жилая секция 1,...,5 - Встроенное дошкольное образовательное учреждение - Встроенная поликлиника - Встроенные помещения бытового обслуживания - Пристроенный спортивный центр - Подземная автостоянка 1,2 - Пристроенная автостоянка	С1,...,С5 ВДОУ ВП ВПБО ПСЦ ПА1,2 ПрА
Муниципальные учреждения окружающей застройки	- Муниципальная школа - Муниципальное дошкольное образовательное учреждение - Муниципальная поликлиника	МШ МДОУ МП
Объекты логистики окружающей застройки	- Станция метрополитена - Остановка общественного транспорта 1,2	СМ ОТ1,2
Инфраструктурные объекты окружающей застройки	- Торгово-развлекательный центр - Деловой центр	ТРЦ ДЦ
Близлежащая жилая застройка	- Жилищный комплекс 1,...,4	ЖК1,...,4

Задача, поставленная перед авторами проекта, состояла в наиболее рациональном подходе к реализации стратегии возведения комплекса зданий и сооружений, входящих в МК. В качестве граничных условий были приняты существующие и прогнозируемые, по окончании реализации проекта, взаимосвязи зданий и сооружений окружающей застройки, образующие микрорайон и разделённые на четыре сегмента: муниципальные учреждения, объекты логистики, инфраструктурные объекты, существующая застройка. Условно, для облегчения понимания, принята следующая терминология (рис. 1): Объект МК – вновь возводимый комплекс зданий и сооружений; Субъект МК – существующие здания и сооружения, оказывающие социально-экономическое влияния на территорию реализации МК.

Процесс моделирования разделён на этапы. Путём последовательных итераций, по пути от частного элемента к группе когерентных элементов, далее к группам элементов, составляющих единый комплекс, были назначены взаимосвязи, определяющие структурную целостность объекта капитального строительства.

По итогам анализа, проведенного совместно с проектной организацией, была построена матрица отношений (рис. 2), сначала для сооружений, входящих в МК (закрытая система). Предварительный анализ сложной системы в идеальных условиях выявил ряд недостатков эскизного архитектурного проекта и позволил скорректировать технико-экономические показатели на ранних стадиях проектирования, в частности, было решено увеличить долю объектов встроенных помещений бытового обслуживания. С другой стороны, моделирование показало, что система зданий самодостаточна, критическим фактором является здание ДООУ, ввиду высоких требований, предъявляемых действующими нормативно-правовыми актами к количеству мест на единицу площади здания и отсутствию школы в проекте МК. Недостаток проекта был обусловлен закрытостью системы на стадии инвариантного проектирования [3]. Последующие итерации и включение объектов МК в состав субъектов с установлением взаимосвязей должно было решить данную проблему.

Дальнейшее моделирование подразумевает включение комплекса зданий в контекст существующей застройки (рис. 3). В программном комплексе «ПСКМ»[4] были построены карты-схемы, сопровождавшиеся построением актуализированных матриц отношений. Исследование свойств системы ведутся формальными методами, позволяющими производить управление проектированием, а именно: анализ структуры и прогнозирование.

Графики сопоставления взаимосвязей МК, полученные в результате моделирования, приведены на рис. 4.

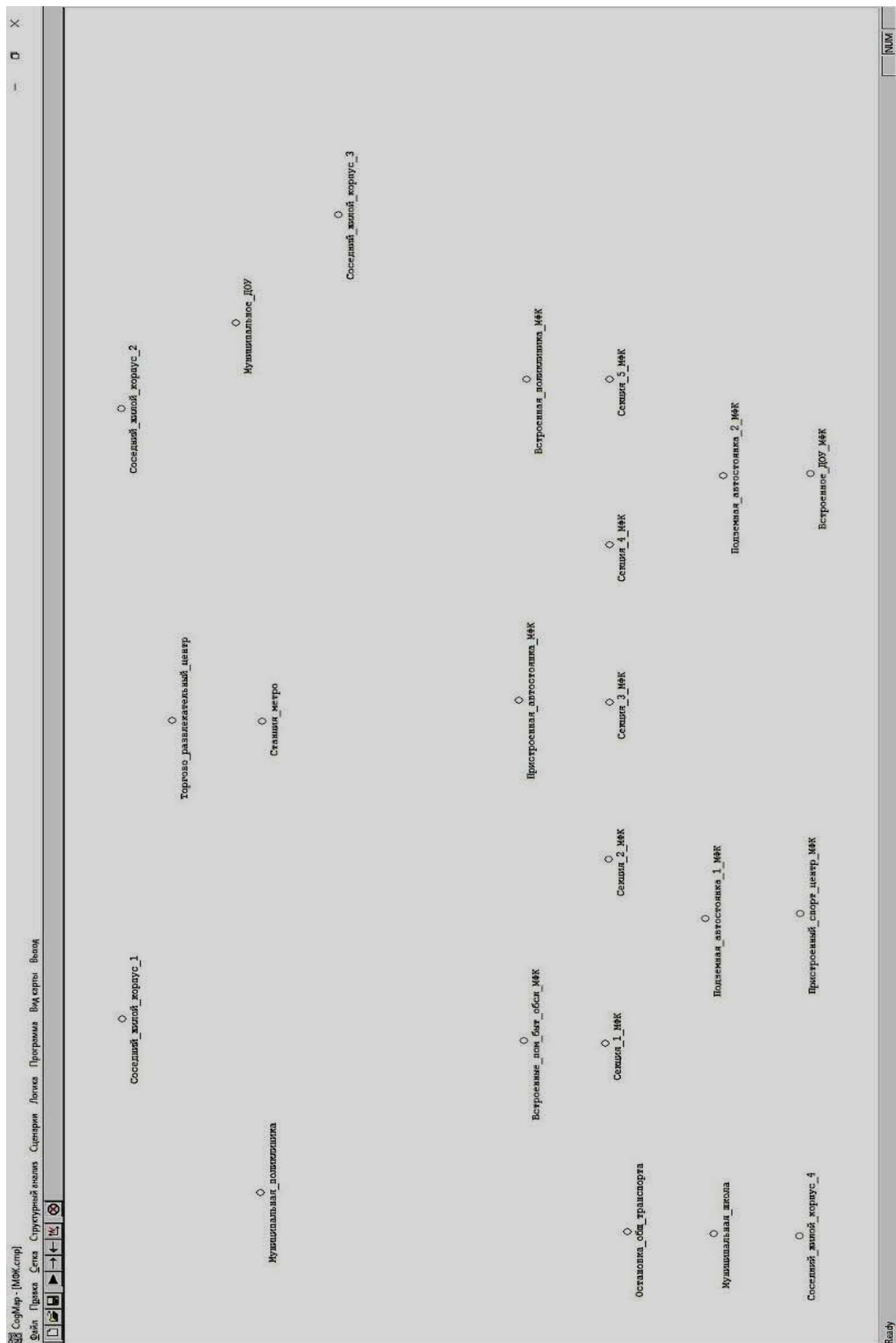


Рис. 1. Карта-схема объектов и субъектов МК





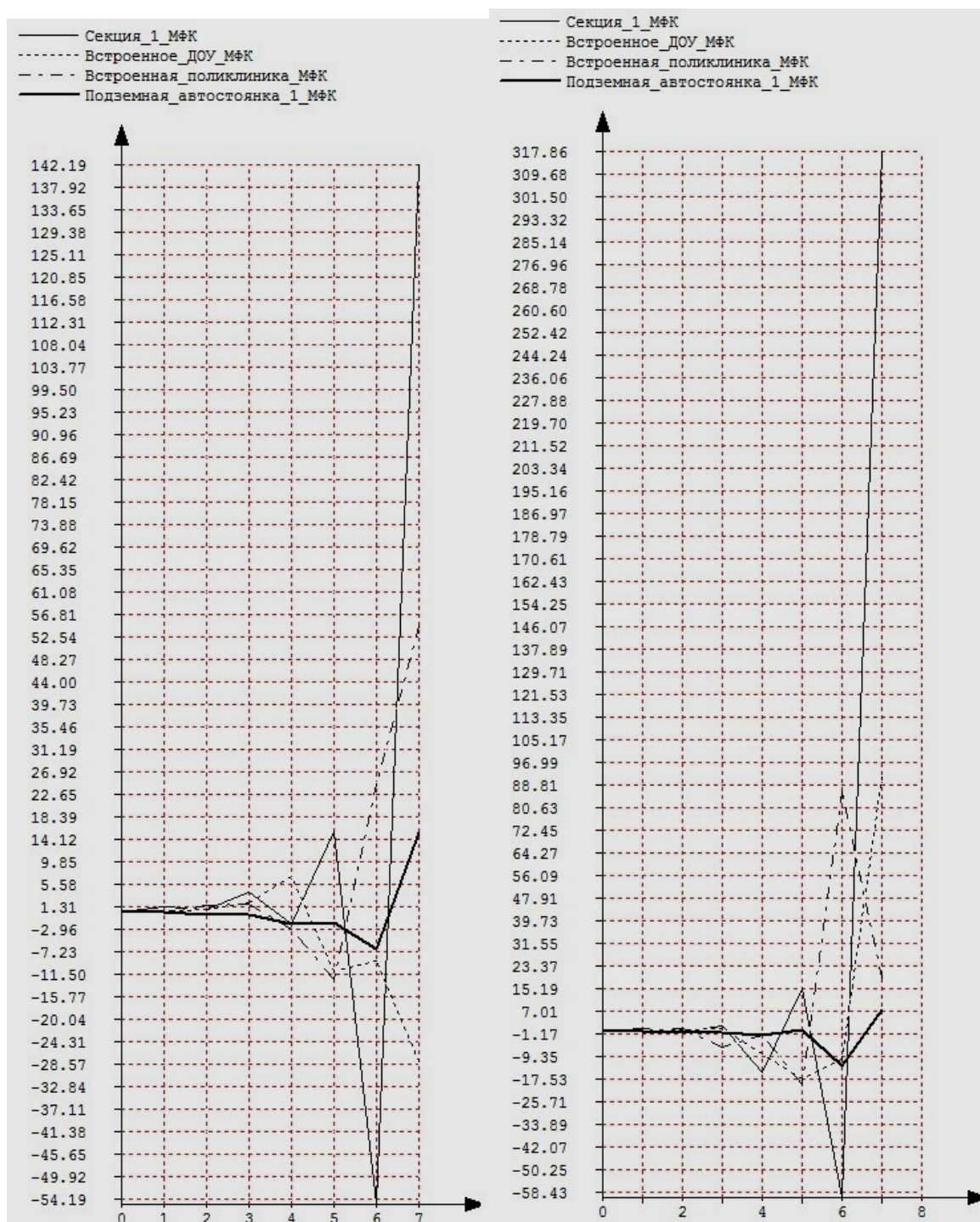


Рис. 4. График сопоставления взаимосвязей МК

Следует сделать важное уточнение, что в данной работе принято разделение между понятиями управления проектами (project management) и управления проектированием (design management).[5].

Встраивание объектов инвариантного моделирования в контекст существующей матрицы отношений субъект-объект выявило ожидаемую

жизнеспособность инвестиционного проекта. Недостатки закрытой системы были устранены. На приведённых ниже графиках видно, что рассматриваемые здания жилой секции, встроенного дошкольного образовательного учреждения, встроенной поликлиники и подземной автостоянки на протяжении всех тактов моделирования показывают положительные результаты. Аналогичная работа была произведена по всем направлениям, назначенных граничных условий и показала сходимость результатов с показателями, приведёнными отделом продаж инвестиционной компании.

Выводы:

При использовании инвариантного метода проектирования совместно с когнитивным моделированием удалось в кратчайшие сроки предоставить заказчику аппарат, способный в оперативном режиме сопоставлять различные варианты эскизного моделирования с социально-экономической точки зрения. Проектировщики получили возможность решать комплексную задачу взаимовлияния нового строительства и существующей застройки, учитывать различные качественные и количественные показатели при назначении связей, и в конечном итоге сформировать континуальную модель комплексной застройки [6,7] многофункционального комплекса в строительной индустрии с учётом интересов муниципальных учреждений, объектов логистики, инфраструктурных объектов, существующей застройки. Таким образом, получилось избежать простоя возводимых площадей, обеспечить занятость существующих объектов инфраструктурного назначения, при этом исключить перегрузку логистических узлов. Для формирования такой графико-аналитической модели отображения структуры проекта МК с учётом удельного веса отдельных компонентов был использован программный комплекс «ПСКМ».

Создание информационного пространства, которое смогло наладить двусторонние связи между заинтересованными участниками проекта, позволило включать и исключать дополнительные критерии поиска оптимального решения задач, а значит систематизировать и упорядочить процесс принятия управленческих решений, привело к значительному уменьшению сроков, необходимых для реализации проекта, уменьшит издержки, следовательно, позволило возводить объекты строительства за существенно меньшие вложения.

Список литературы

1. Микеладзе Б.Д., Модели для управления проектированием многофункциональных информационных комплексов // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XX Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 2. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. с. 336-346

2. Информационные системы в экономике: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова [и др.]; под ред. В. Н. Волковой и В. Н. Юрьева. - М. : Издательство Юрайт, 2016. - 400 с.

3. Микеладзе Б.Д., Модели управления проектированием многофункциональных комплексов в строительной индустрии // Проблемы управления в социальных системах: Научно-практический журнал. Том 8. Выпуск 12, 2015. С. 229–241

4. Горелова Г. В., Захарова Е. Н., Радченко С. А. Исследование слабо-структурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. Ростов н/Д : Изд-во РГУ, 2006.

5. Информационные системы в экономике: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова [и др.]; под ред. В. Н. Волковой и В. Н. Юрьева. - М. : Издательство Юрайт, 2016. - 400 с.

6. Микеладзе Б. Д., Модели для разработки системы управления проектированием многофункциональных комплексов / В.Н. Волкова, Б. Д. Микеладзе // Научно-практический журнал экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2012. – №2 (36) – С. 105-109

7. Микеладзе Б. Д., Управление проектированием многофункциональных комплексов / В.Н. Волкова, Б. Д. Микеладзе // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2012.– №5 (157) – С. 55-58.

УДК- 519.876.5

Саитова Гузель Асхатовна ,
кандидат техн. наук, доцент
Гавдис Наталья Александровна,
магистр

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РИТМОВ ГОРМОНОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ.

Уфа, Уфимский государственный авиационный
технический университет.

Электронная почта: tasheel1@yandex.ru

Аннотация: На основе системного анализа эндокринной системы описана сетевая структура, показывающая взаимосвязи гормонов между собой. Создана имитационная модель ритмов гормонов щитовидной железы.

Ключевые слова: системный анализ, имитационное моделирование

Guzel A/ Santova,,
PHD of technical science, Associate professor
Natalja A. Gavdis,
postgraduate student

IMITATIONAL MODEL OF RHYTHMS OF THYROID HORMONES ON THE BASIS OF SYSTEM ANALYSIS OF THE ENDOCRINE SYSTEM.

Ufa, Ufa State Aviation Technical University.
E-mail: tasheel11@yandex.ru

Abstract:. On the basis of the system analysis of the endocrine system, a network structure showing the interrelations of hormones is described. An imitation model of rhythms of thyroid hormones has been created.

Keywords: *system analysis, simulation modeling*

Современная медицина насчитывает множество отраслей: кардиология, неврология, ортопедия, оториноларингология и др. В последнее время, рамки клинической эндокринологии существенно расширились. Иными словами, были выявлены, и продолжают выявляться эндокринные заболевания, источники которых связаны с нарушениями функции других систем или органов человека. Помимо этого, все больше гормональных препаратов применяются для лечения «не-эндокринных» заболеваний, что означает необходимость для специалистов других областей медицины в более глубоком понимании работы эндокринной системы и ее связи с другими системами человека.[1]

Медицина является одной из перспективных областей для системного анализа, ведь, несмотря на огромную информационную базу, человеческое тело все еще является малоизученной сложной системой. Причем системой, в которой как и в любой технической системе выполняются законы управления а также общесистемные принципы и законы. Системный анализ, как инструмент, может помочь показать взаимосвязи систем и подсистем человека друг с другом. Для примера можно рассмотреть эндокринную систему, например, связи тиреотропного гормона (ТТГ). ТТГ – один из тропных гормонов передней доли гипофиза. Он влияет на выработку тиреоидных гормонов щитовидной железы. Секретию ТТГ стимулирует другой гормон - тиролиберин, а тормозят по отрицательной обратной связи тиреоидные гормоны щитовидной железы. Также секрецию ТТГ стимулируют:

- цитокин интерлейкин-1 (ИЛ-1), который является частью иммунной системы,
- Симпатическая нервная система

- Секрецию ТТГ тормозят:
- гормоны и нейромедиаторы мозга
 - глюкокортикоиды (гормоны, вырабатываемые в надпочечниках)
 - парасимпатическая тормозит. [2], [3]

Из приведенной выше информации видно, что один только ТТГ внутри эндокринной системы (гуморальная регуляция) связан с другой эндокринной железой (надпочечниками), а также с нервной и в меньшей степени, иммунной, системами.

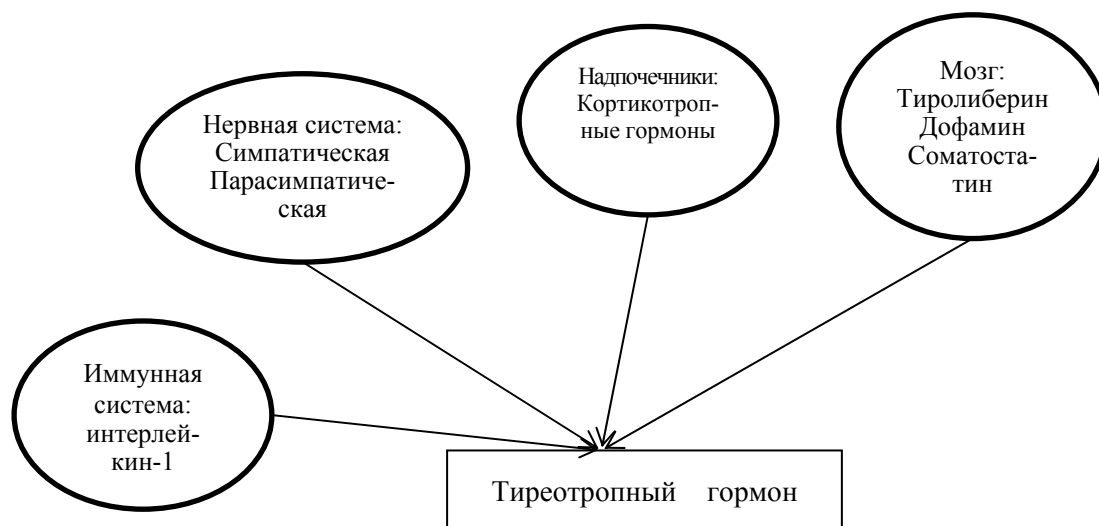


Рис. 1. Общие взаимосвязи ТТГ

При этом область действия самого ТТГ – щитовидная железа. Этот гормон влияет на выработку гормонов Т3 и Т4, которые в свою очередь участвуют в метаболизме, влияя на весь организм. Можно сказать, что ТТГ опосредованно влияет на все системы человека.

Также рассмотрим гормон АКТГ и его взаимосвязи с другими гормонами, органами и системами.

АКТГ (кортикотропин) – гормон управляющий выработкой кортикотропных гормонов, а также этот гормон участвует в стресс-реакциях. Секреция АКТГ стимулируется большей частью гормоном кортиколиберином и тормозится кортизолом.

Дополнительно стимулируют секрецию: вазопрессин (гипоталамус), инсулин (поджелудочная железа), ангиотензин II и эндотелин (оба гормона влияют на кровеносную систему), эстрогены, и интерлейкин 1 (иммунная система).

Дополнительно тормозят секрецию: мелатонин (шишковидное тело, эндокринная система) и адреномедуллин (малоизучен, влияет на кровеносную систему).

Также как и для ТТГ, секрецию АКТГ стимулирует симпатическая нервная система и тормозит парасимпатическая (рисунок 2).

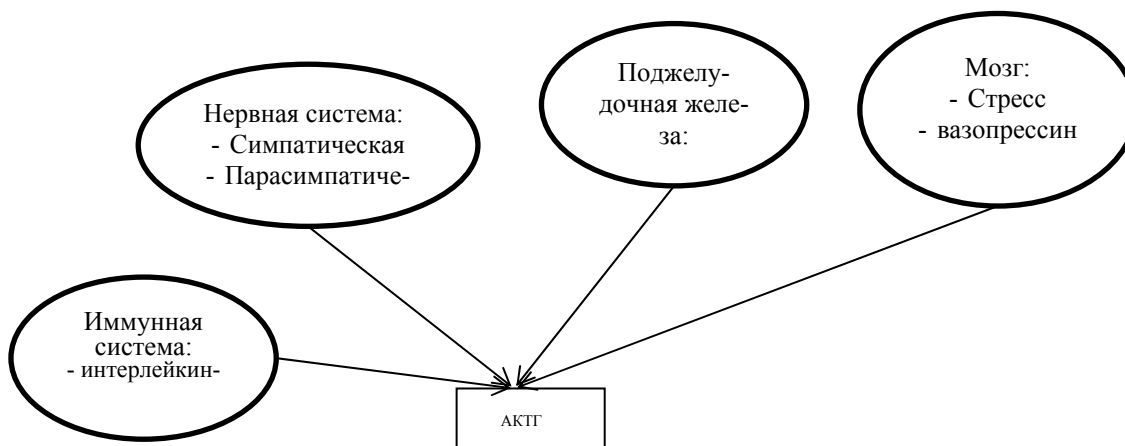


Рис.. 2 Общие взаимосвязи АКТГ

Согласно системному анализу взаимосвязей гормонов в эндокринной системе, гормоны образуют между собой сложную сетевую структуру. Как видно из части общей схемы взаимосвязей (рисунок 3), АКТГ оказывает влияние не только на кортикотропные гормоны, но и на половые гормоны а также на инсулин. То есть, один АКТГ влияет одновременно на нервную систему (участие в стресс-реакциях, на кровеносную систему (влияние на инсулин) и на половую систему [4].

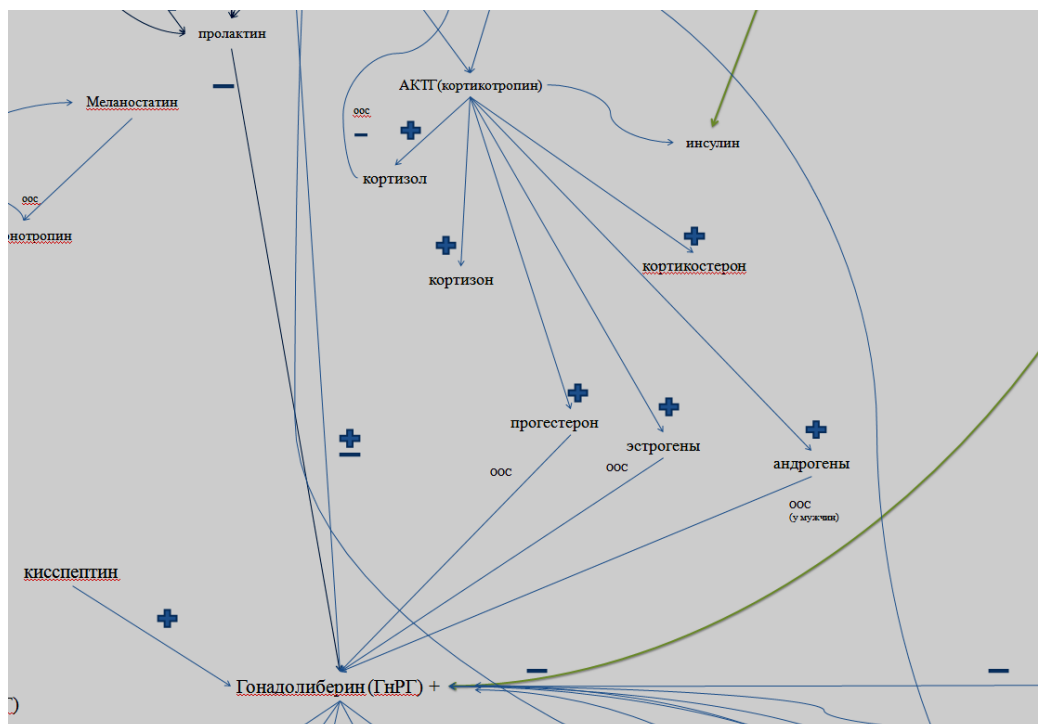


Рис. 3. Часть схемы взаимосвязей гормонов

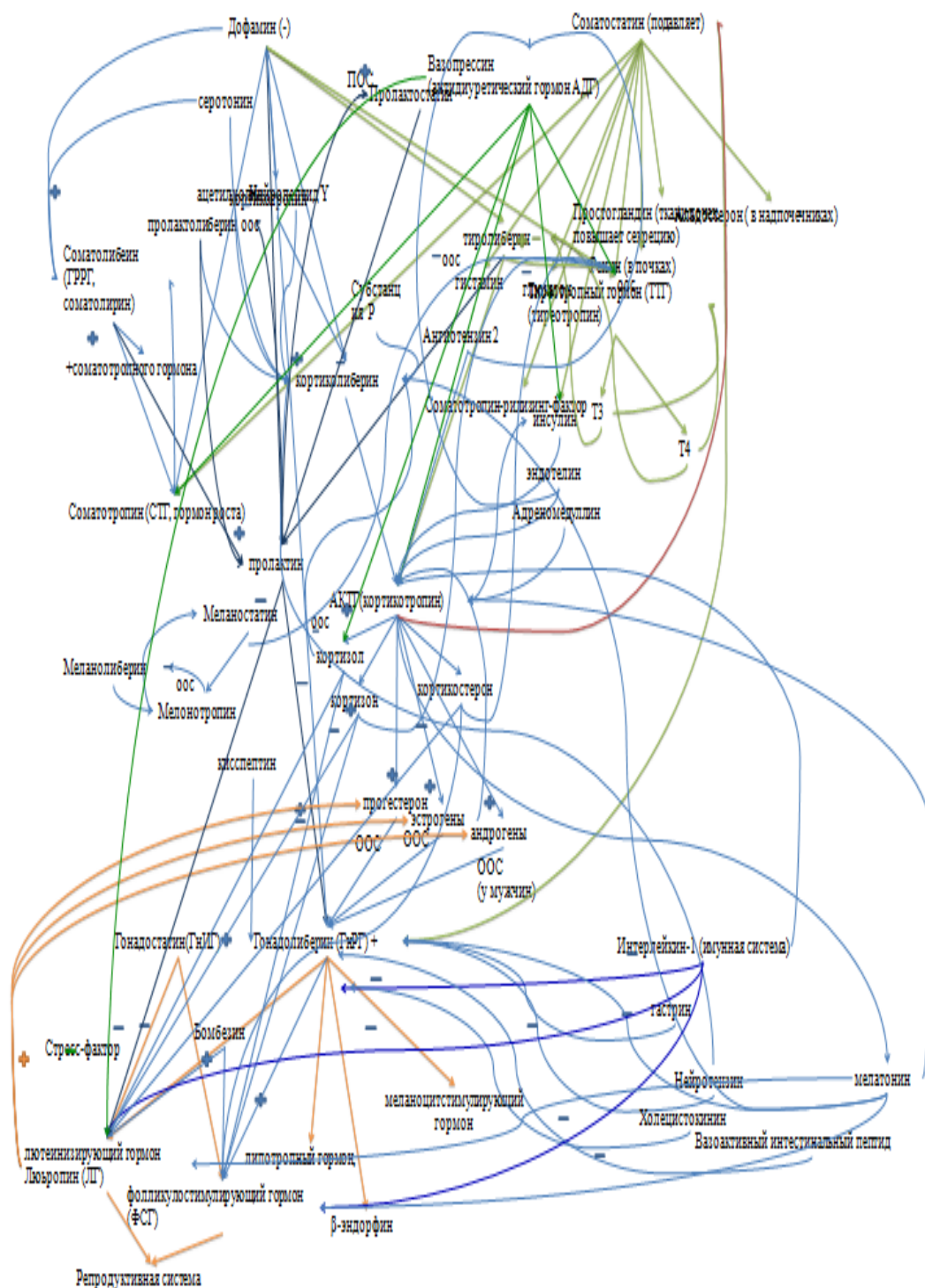


Рис. 4 схема взаимосвязей гормонов между собой

Таким образом, практически каждый гормон связан с другими системами и органами человеческого организма. Также все гормоны на-

столько тесно связаны друг с другом, что на схеме взаимосвязей напоминают перепутанный клубок, часть которого показана на рисунке 3. настолько сложные взаимосвязи непросто учитывать даже эндокринологам, не говоря о специалистах других областей. Можно сказать, что гормоны эндокринной системы образуют сетевую структуру. Приведенную схему взаимосвязи позднее необходимо будет преобразовать для упрощения её восприятия. Помимо этого, такая схема может помочь в создании различных моделей эндокринной системы.[5]

Для эндокринной системы можно создать множество разных моделей. Например, математическую модель щитовидной железы [6].

В статье предлагается создать имитационную модель биоритмов гормонов щитовидной железы человека. Модель основывается на биоритмах гормонов щитовидной железы здорового человека.

Ритмы гормонов можно разделить на два типа: ритмы секреции и ритмы концентрации. Первые показывают ритм выработки гормона, вторые – ритм концентрации гормона в организме. Поэтому очевидно, что ритм концентрации гормонов всегда будет смещен вперед относительно ритма выработки на период времени соответствующий гормону.

Щитовидная железа – очень устойчивая система, с сильными отрицательными обратными связями. Для моделирования ритмов гормонов щитовидной железы было решено использовать колебательные звенья. Поскольку ритмы гормонов имеют интервальные значения пиков и спадов, было решено взять для них усредненное значение равное 12 часам. Это позволяет использовать колебательное звено для моделирования ритма каждого гормона.

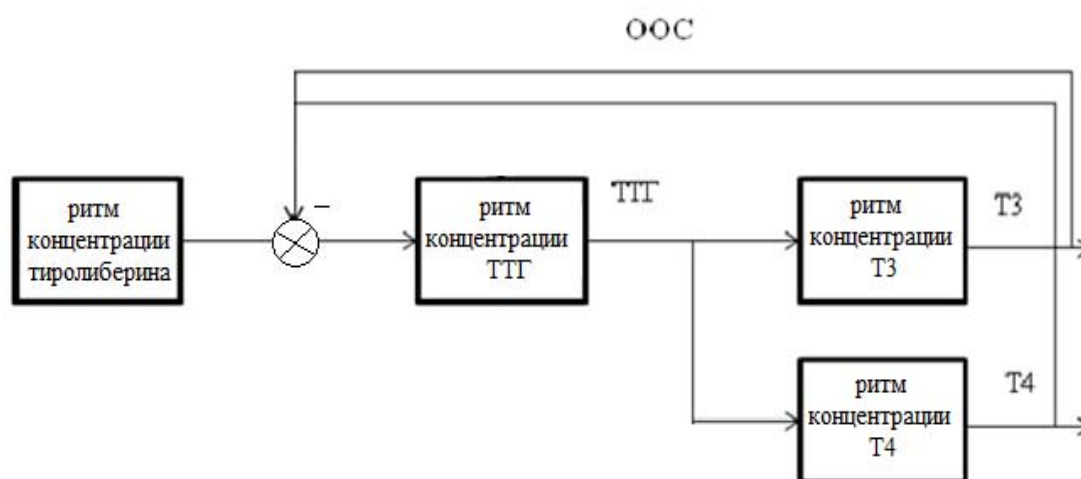


Рис. 5 функциональная схема ритмов концентрации гормонов щитовидной железы

Ритмы ТТГ имитируются с помощью передаточной функции в виде колебательного звена. Звено представляется как передаточная функция $1/14,6s^2$ охваченная обратной связью. При моделировании был получен сигнал, период колебания которого соответствует заданному (рис 6).

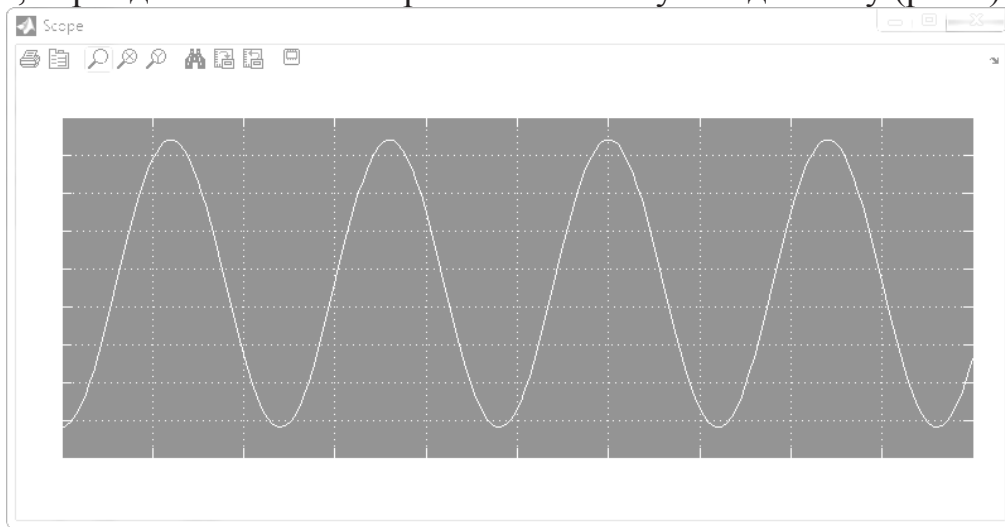


Рис. 6. Колебания ритма ТТГ

Для моделирования звеньев Т3 и Т4 используется то же самое звено что и для ТТГ с отличием в коэффициенте усиления (рис 7).

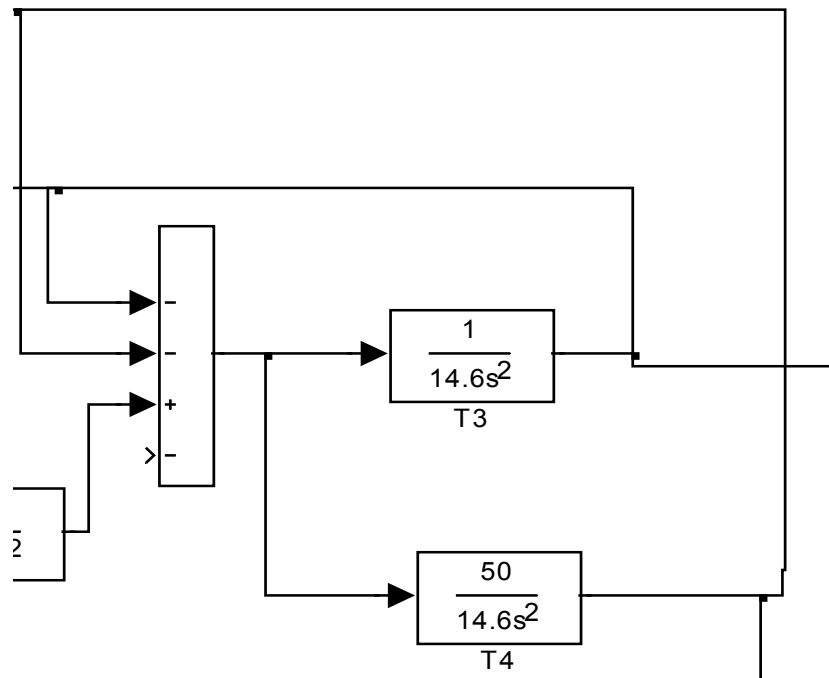


Рис. 7. Звенья Т3 и Т4

Их колебания также соответствуют периоду в 12 часов

В дальнейшем предполагается связать эти звенья между собой согласно функциональной схеме, и привести их амплитуды к нормированным значениям. [7]

Таким образом, на основе сетевой структуры взаимосвязей гормонов была предложена имитационная модель биоритмов гормонов щитовидной железы. Эта сетевая структура также позволяет создавать имитационные модели биоритмов гормонов других желез и модели их взаимодействия.

Список литературы:

1. Клиническая эндокринология: руководство (3-е издание) / под ред. Старковой. – СПб: Питер, 2002. – 576 с. – (Серия «Спутник врача»)
2. Скворцов В.В., Тумаренко А. В. Клиническая эндокринология. Краткий курс – СПб: «Издательство: СпецЛит», 2015.
3. Потемкин В. В. – Эндокринология: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Медицина, 1999. – 640 с.: ил – (учеб. лит. Для студ. мед. вузов)
4. Верин В.К., Иванов В.В. Гормоны и их эффекты: справочник. — СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2012. — 136 с.
5. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ 2-е изд., пер. и доп., 2015.
6. Балыкина Ю.Е., Колпак Е.П. Математические модели функционирования фолликула щитовидной железы. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления, Выпуск № 3 / 2013
7. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления: учебное пособие. - С-П.: Профессионал, 2004. - 752 с.

Секция 2

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ефремов Артем Александрович

канд. физ.-мат. наук, доцент

МОДИФИЦИРОВАННАЯ СТРУКТУРНО-ИНВАРИАНТНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕДИНЕНИЙ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, 8 (812) 297 42 14

artem.efremov@spbstu.ru

Аннотация. На базе обобщенных дифференциальных уравнений электромагнитных процессов синхронного генератора выводиться модифицированная структурно-инвариантная модель электроэнергетических объединений.

Ключевые слова: электромагнитные процессы, синхронный генератор, структурно-инвариантная модель.

Artem A. Efremov,

PhD, Associate Professor

MODIFIED STRUCTURALLY-INVARIANT MODEL OF ELECTRIC POWER SYSTEMS ASSOCIATION

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29. 8 (812) 297 42 14

artem.efremov@spbstu.ru

Abstract. On the basis of generalized differential equations of electromagnetic processes of a synchronous generator, a modified structurally invariant model of electric power systems association is derived.

Keywords: Electromagnetic processes, synchronous generator, structurally invariant model

Введение

В работах [1, 2] рассматривается методика синтеза структурно-инвариантных уравнений электромеханических (ЭМХ-процессов) и электромагнитных (ЭМГ-процессов) процессов синхронных генераторов

(СГ). В данной работе рассматривается синтез модифицированной структурно-инвариантной модели электроэнергетических объединений учитывающей ЭМГ-процессы СГ.

1. Исходные уравнения

За основу взяты уравнения Парка-Горева [3–6]. Эти уравнения учитывают существенные ЭМГ-процессы в обмотках статора:

$$u_d = -\psi'_d - \psi_q \omega - r i_d, \quad u_q = -\psi'_q - \psi_d \omega - r i_q, \quad (1)$$

и ротора (обмотка возбуждения и две демпферные обмотки)

$$u_f = \psi'_f + i_f r_f, \quad 0 = \psi'_D + i_D r_D, \quad 0 = \psi'_Q + i_Q r_Q, \quad (2)$$

где u_d, u_q – напряжения, i_d, i_q – токи и ψ_d, ψ_q – потокосцепления обмоток статора по осям d, q , ω – текущая угловая скорость вращения ротора, r – активное сопротивление статорной обмотки, u_f – напряжение, i_f – ток, ψ_f – потокосцепление и r_f – сопротивление обмотки возбуждения, i_D, i_Q – токи, ψ_D, ψ_Q – потокосцепления и r_D, r_Q – сопротивления демпферных обмоток продольного и поперечного успокоительных контуров.

К уравнениям (1) и (2) добавлено уравнение моментов СГ [4–6]:

$$T_J s' = m_{\partial s} - (\psi_d i_q - \psi_q i_d) - D\omega, \quad (3)$$

где $m_{\partial s}$ – движущий (механический) момент, приложенный к валу СГ, $s = (\omega - \omega_s) / \omega_s$ – скольжение ротора СГ относительно синхронной скорости ω_s , T_J – инерционная постоянная времени СГ.

Матрица потокосцеплений СГ взята из [5, 6]:

$$\begin{bmatrix} \psi_d \\ \psi_q \\ \psi_f \\ \psi_D \\ \psi_Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_d & 0 & kM_f & kM_D & 0 \\ 0 & L_q & 0 & 0 & kM_Q \\ kM_f & 0 & L_f & M_R & 0 \\ kM_D & 0 & M_R & L_D & 0 \\ 0 & kM_Q & 0 & 0 & L_Q \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_f \\ i_D \\ i_Q \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где L_i и M_i – собственные и взаимные индуктивности соответствующих контуров СГ, $k = \sqrt{3/2}$.

2. Преобразования

Подставляя значения потокоцеплений из (4) в уравнения (1)-(3) получим систему дифференциальных уравнений СГ в координатах «напряжения - токи»:

$$\begin{aligned}
 u_d &= -\left(L_d i'_d + kM_f i'_f + kM_D i'_D\right) - \left(L_q i_q + kM_Q i_Q\right) \omega - r i_d, \\
 u_q &= -\left(L_q i'_q + kM_Q i'_Q\right) + \left(L_d i_d + kM_f i_f + kM_D i_D\right) \omega - r i_q, \\
 u_f &= kM_f i'_d + L_f i'_f + M_R i'_D + i_f r_f, \\
 0 &= kM_D i'_d + M_R i'_f + L_D i'_D + i_D r_D, \\
 0 &= kM_Q i'_q + L_Q i'_Q + i_Q r_Q, \\
 \omega'_i &= -\frac{\omega_s L_d i_{qi}}{T_{Ji}} i_{di} + \frac{\omega_s L_q i_{di}}{T_{Ji}} i_{qi} - \frac{\omega_s kM_f i_{qi}}{T_{Ji}} i_{fi} - \frac{\omega_s kM_D i_{qi}}{T_{Ji}} i_{Di} + \\
 &\quad + \frac{\omega_s kM_Q i_{di}}{T_{Ji}} i_{Qi} - \frac{\omega_s D \omega_i}{T_{Ji}} + \frac{\omega_s m_{\partial s}}{T_{Ji}}.
 \end{aligned} \tag{5}$$

В (5) первые пять уравнений описывают ЭМГ-процессы, а шестое – ЭМХ-процессы СГ.

Дифференциальные уравнения типа (5) имеют матричную форму:

$$L_{\text{ЭМГ}} I'_{\text{ЭМГ}} - R_{\omega} I_{\text{ЭМГ}} = U_{\text{ЭМГ}}, \tag{6}$$

где векторы и матрицы системы (6) определяются совокупностью следующих равенств:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{ЭМГ}} &= (i_d, i_q, i_f, i_D, i_Q)^T, U_{\text{ЭМГ}} = (u_d, u_q, u_f, 0, 0)^T \\
 L_{\text{ЭМГ}} &= \begin{bmatrix} -L_d & 0 & -kM_f & -kM_D & 0 \\ 0 & -L_q & 0 & 0 & -kM_Q \\ kM_f & 0 & L_f & M_R & 0 \\ kM_D & 0 & M_R & L_D & 0 \\ 0 & kM_Q & 0 & 0 & L_Q \end{bmatrix},
 \end{aligned} \tag{7}$$

$$R_\omega = \begin{bmatrix} r & L_q \omega & 0 & 0 & kM_Q \omega \\ -L_d \omega & -r & -kM_f \omega & -kM_D \omega & 0 \\ 0 & 0 & -r_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r_D & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -r_Q \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Последняя матрица является суммой числовой и функциональной матриц так, что $R_\omega = \tilde{R}_1 + \omega \tilde{R}_2$, где диагональное $\tilde{R}_1$ и недиагональное $\tilde{R}_2$, слагаемые в указанных матрицах равны

$$\tilde{R}_1 = \begin{bmatrix} r & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -r & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -r_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r_D & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -r_Q \end{bmatrix}, \quad \tilde{R}_2 = \begin{bmatrix} 0 & L_q & 0 & 0 & kM_Q \\ -L_d & 0 & -kM_f & -kM_D & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

В силу (7) и (8) уравнения в форме Коши для ЭМГ-процессов и ЭМХ-процессов i -го СГ примут вид:

$$I'_{\text{ЭМГ}i} = L_{\text{ЭМГ}i}^{-1} \left(\tilde{R}_{1i} + \omega_i \tilde{R}_{2i} \right) I_{\text{ЭМГ}i} + L_{\text{ЭМГ}i}^{-1} U_{\text{ЭМГ}i} \quad (9)$$

В силу (3) и $\delta'_i = \omega_i / \omega_s - 1$ [5] уравнение (9) представляются в виде

$$\begin{pmatrix} i'_{di} \\ i'_{qi} \\ i'_{fi} \\ i'_{Di} \\ i'_{Qi} \\ \omega'_i \\ \delta'_i \end{pmatrix} = \left[\begin{array}{ccccc|cc} & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ \hline -L_{di} i_{qi} & L_{qi} i_{di} & -kM_{fi} i_{qi} & -kM_{Di} i_{qi} & -kM_{Qi} i_{di} & -\omega_s D & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & T_{ji} & 0 \end{array} \right] \cdot \begin{pmatrix} i_{di} \\ i_{qi} \\ i_{fi} \\ i_{Di} \\ i_{Qi} \\ \omega_i \\ T_{ji} \\ \delta_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} L_{\text{ЭМГ}i}^{-1} U_{\text{ЭМГ}i} \\ \omega_s m_{\text{de}} \\ T_{ji} \\ -1 \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где $T_i = \omega_s / (T_{ji} + \omega_s)$.

3. Структурно инвариантные уравнения ЭМГ-процессов

Структурно инвариантная модель электроэнергетических объединений, учитывающая ЭМГ-процессы, формируется по методике [1, 2] заменой скалярных параметров матричными параметрами в блоке ЭМГ-процессов уравнения (10):

$$\begin{pmatrix} I'_d \\ I'_q \\ I'_f \\ I'_D \\ I'_Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{R} & \mathbf{\Lambda}_q \mathbf{\Omega} & 0_{n \times n} & 0_{n \times n} & k \mathbf{M}_Q \mathbf{\Omega} \\ -\mathbf{\Lambda}_d \mathbf{\Omega} & -\mathbf{R} & -k \mathbf{M}_f \mathbf{\Omega} & -k \mathbf{M}_D \mathbf{\Omega} & 0_{n \times n} \\ 0_{n \times n} & 0_{n \times n} & -\mathbf{R}_f & 0_{n \times n} & 0_{n \times n} \\ 0_{n \times n} & 0_{n \times n} & 0_{n \times n} & -\mathbf{R}_D & 0_{n \times n} \\ 0_{n \times n} & 0_{n \times n} & 0_{n \times n} & 0_{n \times n} & -\mathbf{R}_Q \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \\ I_f \\ I_D \\ I_Q \end{pmatrix}, \quad (11)$$

где обобщенные векторы координат состояний ЭМГ-уравнений для СГ определяются равенствами

$$I_d = (i_{d1}, i_{d2}, \dots, i_{dn})^T, I_q = (i_{q1}, i_{q2}, \dots, i_{qn})^T, I_f = (i_{f1}, i_{f2}, \dots, i_{fn})^T,$$

$$I_D = (i_{D1}, i_{D2}, \dots, i_{Dn})^T, I_Q = (i_{Q1}, i_{Q2}, \dots, i_{Qn})^T,$$

а функциональные матрицы относительно частот и параметрические матричные параметры введены равенствами

$$\mathbf{\Omega} = \text{diag}(\omega_i)_{i=1}^n, \quad \mathbf{R} = \text{diag}(r_i)_{i=1}^n, \quad \mathbf{R}_f = \text{diag}(r_{fi})_{i=1}^n,$$

$$\mathbf{\Lambda}_d = \text{diag}(L_{di})_{i=1}^n, \quad \mathbf{\Lambda}_q = \text{diag}(L_{qi})_{i=1}^n, \quad \mathbf{M}_D = \text{diag}(M_{Di})_{i=1}^n,$$

$$\mathbf{M}_Q = \text{diag}(M_{Qi})_{i=1}^n, \quad \mathbf{M}_f = \text{diag}(M_{fi})_{i=1}^n,$$

Заключение

Полученная структурно инвариантная модель, может является основой для решения комплекса задач анализа и синтеза систем управления частотой, перетоками активной мощности и напряжением в электроэнергетических объединениях.

Список литературы

1. **Козлов В.Н.** Управление частотой и перетоками активной мощности электроэнергетических объединений с учетом энергетической безопасности // Известия РАН. Энергетика, № 3, 2012.
2. **Козлов В.Н, Г.А. Рябов, А.А. Ефремов, И.У. Тросько.** Структурно-инвариантные уравнения энергообъединений для синтеза систем ограничения перетоков и регулирования напряжений. Сборник научных трудов XIX

Международной научно-практической конференции, СПб.: Изд. Политехн. ун-та, 2015.

3. **R.H. Park**, "Two Reaction Theory of Synchronous Machines", AIEE Trans. Part 1, vol. 46, pp. 716-727, 1929.

4. **Горев А.А.** Переходные процессы синхронной машины. Автор: Александр Александрович Горев. Л. – М.: Госэнергоиздат, 1950.

5. **Андерсон П., Фуад А.** Управление энергосистемами и устойчивость: М. – Энергия, 1980.

6. **Веников В.А.** Переходные электромеханические процессы в электрических системах. М. –: Высш. шк., 1985.

УДК 681.51:621:391

Кислицына Ирина Александровна,
научный сотрудник,
Малыхина Галина Федоровна
доктор технических наук, профессор

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА НА ЛУННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Санкт-Петербург, ГНЦ РФ Центральный научно-исследовательский и
опытно-конструкторский институт робототехники и технической
кибернетики (ЦНИИ РТК), irina_kislitsyna@mail.ru,
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
Петра Великого, g_f_malychina@mail.ru

Аннотация: в статье рассмотрен алгоритм применения нейронной сети для измерения параметров движения спускаемого аппарата, обосновано применение нейронной сети фотонной информационно-измерительной системы для управления двигателями мягкой посадки в условиях лунной природы.

Ключевые слова: фотонная информационно-измерительная система, рекуррентная нейронная сеть Элмана, NARX-сеть, измерение параметров спуска.

Kislitsyna Irina Alexandrovna,
researcher,
Malykhina Galina Fedorovna
doctor of technical sciences, professor

APPLICATION OF A NEURO NETWORK ALGORITHM FOR MEASURING PARAMETERS OF THE DOWN ON THE MOON SURFACE

St. Petersburg, Russian State Scientific Center for Robotics and Technical Cybernetics (RTC), irina_kislitsyna@mail.ru
St. Petersburg State Polytechnic University of Peter the Great,
g_f_malychina@mail.ru

Abstract: the article considers the algorithm of neural network application for measuring the parameters of the descent vehicle, the application of the neural network of the photon information measuring system for controlling the soft landing engines in the conditions of the lunar nature is justified.

Key words: photon information-measuring system, Elman's recurrent neural network, NARX-network, measurement of descent parameters.

Для осуществления мягкой посадки современных отечественных аппаратов на Землю используются двигатели мягкой посадки, сигнал на срабатывание которых поступает от гамма-лучевого высотомера. [1]. Вследствие активного развития космической техники и необходимости разработки спускаемых аппаратов, способных осуществлять посадку на Луну, требуется разработать новую измерительную систему для определения положения аппарата над подстилающей поверхностью. В качестве такой системы планируется использовать фотонную информационно-измерительную систему. По сравнению с другими методами определения параметров спуска она обладает следующими достоинствами: фотонная измерительная система способна выполнять измерения через обшивку спускаемого аппарата в условиях плазмы двигателей мягкой посадки; она нечувствительна к слою пыли на поверхности планеты, к случайным препятствиям, пыли, поднятой двигателями над поверхностью планеты; её погрешности уменьшаются по мере приближения к поверхности. Фотонная измерительная система, работающая в земных условиях, использует линейную модель движения первого порядка. Так как условия посадки на поверхность Луны отличаются от земных из-за неравномерности движения спускаемого аппарата, изменения силы притяжения вследствие наличия масконов, состава грунта поверхности, необходимо применение нелинейной модели более высокого порядка, которая может быть реализована нейронной сетью.

Мерой измерения высоты фотонной системы является интенсивность принимаемого сигнала. Геометрия расположения источника и приемников рассеянного гамма-излучения, показаны на рисунке 1. Источник фотонного излучения (S) размещен близко к центру, два детектора

(D1,D2) расположены по краям на расстоянии l от источника. Спускаемый аппарат может быть наклонен относительно подстилающей поверхности, причем угол наклона оси, на которой расположены два приемника составляет γ .

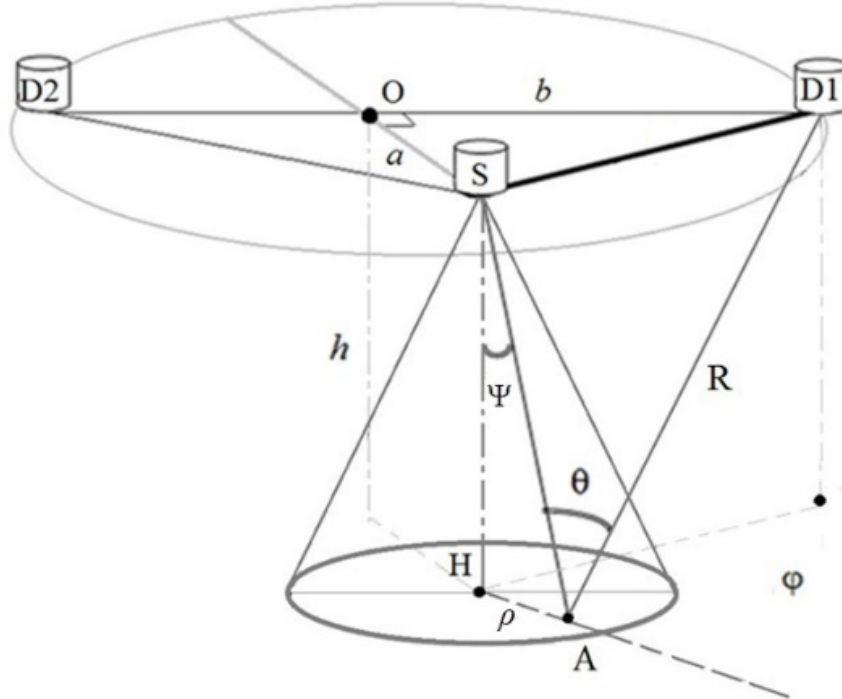


Рис. 1. Расположение источника и двух приемников излучения

Для моделирования фотонной измерительной системы, изображенной на рисунке 1, получена формула усредненной по поверхности отражения интенсивности потока фотонов, регистрируемых в точке детектирования:

$$I_{detect} = \int \int \int_{depth \ \varphi \ \rho} e^{-\mu(E) \cdot \rho \cdot depth} I_{\Theta S}(r, l, \gamma, \Psi, h, \varphi, \Theta) \cdot d(depth) d\varphi d\rho, \quad (1)$$

где $I_{\Theta S}$ – интенсивность рассеянного фотонного излучения, $\mu(E)$ – коэффициент массового поглощения, зависящий от энергии фотонов, ρ – плотность слоя рассеивающей поверхности, $dept$ – глубина, на которой расположен рассеивающий элемент, h – текущее значение высоты спускаемого аппарата, r – расстояние от рассеивающего элемента до детектора, Ψ – угол падения прямого потока фотонов, $\Psi \leq \Psi_{max}$, где Ψ_{max} – угол коллимации, φ – угол между проекцией оси, на которой расположен детектор D2, и радиусом, проходящим через элемент рассеяния фотонов.

Детектор излучения имеет конечные размеры, поэтому диапазон углов рассеяния фотонов, которые достигают детектор D2, составляет $[\Theta_1, \Theta_2]$.

Алгоритм измерения параметров движения спускаемого аппарата с помощью нейронной сети фотонного высотомера включает этапы градуировки, адаптации и измерения. Для того, чтобы уменьшить влияние типа грунта подстилающей поверхности на точность измерений системы, предложено использовать адаптивную NARX-сеть [2]. При спуске аппарата на интервале высот от 20 м до 10 м работают два высотомера: радиовысотомер и фотонный высотомер. Это дает возможность выполнять адаптацию алгоритма измерения фотонного высотомера с учетом показаний радиовысотомера с последующим плавным переключением на показания фотонного высотомера.

Для измерения высот от 10 м до 0.5 м используется рекуррентная сеть Элмана. Обучение сети выполняется квазиньютоновским градиентным методом второго порядка [3] с использованием предложенной математической модели и/или испытаний в земных условиях при среднем оценочном составе грунта подстилающей поверхности. При осуществлении посадки на лунную поверхность веса обученной сети корректируются в соответствии с данными, полученными в процессе адаптации. Алгоритм измерения с помощью обученной и адаптированной к типу грунта рекуррентной сети включает в себя следующие шаги:

1. регистрация числа фотонов, получаемых двумя парами детекторов, расположенными на одной оси с использованием скользящего временного окна прямоугольной формы со смещением, равным половине длины окна;
2. получение показаний фотонного высотомера в виде среднего значения высоты по четырем детекторам;
3. получение двух углов, характеризующих угол между плоскостью днища спускаемого аппарата и подстилающей поверхностью;
4. получение скорости снижения в виде конечной разности последовательных значений высот.

В результате моделирования определены ошибки измерения высоты с помощью совместного применения адаптивной NARX-сети и измерительной рекуррентной сети Элмана. Ошибки измерения составили менее 1 %. Таким образом, комплексное применение двух нейронных сетей позволяет выполнять измерение высоты спускаемого аппарата над любым типом лунного грунта с высокой точностью.

Список литературы

1. Юревич, Е.И. Основы проектирования техники : учеб.пособие / Е.И. Юревич. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2012. – 148 с.

2. Хайкин, С. Нейронные сети. Полный курс [Текст] / С. Хайкин. – 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ.

3. Бодянский, Е.В. – Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е.В. Бодянский, О.Г. Руденко. – Харьков: ТЕЛЕТЕХ, 2004. – 372 с.

УДК 004.9

*Max Gubin**,
PhD, senior software engineer, Google Inc.
*Mikhail B. Ignatyev***,
Doctor of Technical Sciences, Professor

THE PROBLEM OF THE EXTERNAL CONTROL OF DRIVING OFFENDERS' VEHICLES TO IMPROVE ROAD SAFETY

*Google Inc., USA.

**St-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Russia,
E-mail: ignatmb@mail.ru

Abstract. Considers the problem of improving road safety and proposed to introduce external control of vehicles-violators based on the use of the intelligent functions of self-driving cars and smart roads. Examines the problem of determining the vehicles of offenders by on-line video cameras that monitor traffic flow.

Keywords: external control, self-driving cars and smart roads.

1. **The problem of improvements in driving safety** is very important in Russia, every year about 30 thousand people are killed and 300 thousand are injured on roads; it makes very important to search for new approaches to the problem. Our University has a strong background in the area of development of aircraft on-board control systems and nowadays applies this knowledge in the automobile field [1,2,3,4,5]. Nowadays the St Petersburg region has developed car industry that includes assembling plants of many companies (Ford, Toyota, etc.); more than 500 thousand are assembled there. Many of them have such functions as semi-automatic parking, adaptive cruise control, and others. In the paper we discuss the problem of organization of taking external control over a vehicle that violated traffic rules using modern surveillance and self driving systems.

2. **The aim of the project is to increase transportation safety.**

* The method of achieving the project's goal is to join efforts of car

manufacturing industry in St Petersburg and city's transportation authorities with local college and universities, which can participate in the development of parts and elements of the system.

* Some manufacturers, including Toyota and Ford, are already working on self-driving technology but their effective application depends on robust interaction with the local transportation authorities, which are parts of St Petersburg City Government.

3. The active involvement of local car manufacturing industry brings the following advantages:

- saving on logistics because of close local proximity;
- a big number of participants from the industry;
- collaboration in the area of research and development;
- stability of the economy;
- lower expenses on development of the market because all consumers are local;
- reduced expenses on buying common systems and components;
- reduced expenses on education and training of personnel (close interaction with local colleges and universities).

4. Finding patterns of extremal situation during driving in the object-oriented programming framework:

implementing descriptions of driving patterns in extreme situations (e.g. reckless driving) based on official rules and regulations using object-oriented programming framework. These patterns should be loaded in memory of a car's on-board computer for quick decision making; designing cars' on board computers; designing "smart" roads computersystem; designing patterns of "hard" and "soft" traffic rules violation;

designing patterns of extremal driving situation (reckless driving, etc.) - hundred of typical ones. Using interaction with a "smart" road it is possible to reduce the number of patterns by the factor of two, i.e. twice improve safety of driving.

5. Information and on-board computer systems of "smart" car [1,2,6]. A modern car is under a process of constant improvements that reduces the probability of a traffic accident and minimization of its possible consequences. For this purpose a car gets a sensor system that includes laser, video, and ultrasound devices. Information from these sensors is processed by a multiprocessor computer system with improved reliability. The technology is similar to the systems that are used in modern aircrafts. A big part is development of modern software. Cognitive Technologies is a Russian company that develops software for self-driving cars. An addition of new traffic signs is planned in the Russian Traffic regulation. They belong to the group 5, "special instructive signs" and include:

- "Attention, a self-driving car on the road"

- “Beginning of the road with self-driving cars”
- “End of the road with self-driving cars”

A proposed design of these traffic signs is already under review by a committee of Ministry of Internal Affairs. In 2015 [5], Cognitive Technologies announced that the company worked on development of software for self-driving KAMA3 track. The project is financed by the Russian Ministry of Science and Education, and by KAMA3 track manufacture Kamsky Automotive Plant.

The control system of the track uses data from a set of video cameras and other sensors. It is planned that the first prototypes of self-driving tracks will be tested at the Kamsky Automotive Plant testing facilities. The research department of Cognitive Technologies carries tests of their software in a special virtual test center organized by Moscow Institute of Steel and Alloys. It is planned that the first tracks will be tested on public roads in 2017-2019 years. The initiative of development of a self-driving car includes development of onboard computing systems and software. Some elements of these technologies are already available on mass produced vehicles. Traditional driver support systems are presented in different configurations (based on example of Ford Mondeo) of available on the market cars:

- anti-blocking brake system
- ventilation and climate control
- tire pressure monitor
- safety belt warning
- hill start assistance
- remote door lock control
- navigation system, etc.

The provided list of features in onboard car computer systems constantly grows. We wouldn't not focus on already listed features. Additional systems based on on-board car computer (again using the example of Ford Mondeo):

- stabilization and traction control,
- brake assist system,
- automatic headlights,
- handsfree phone system,
- park assist,
- blind spot warning system,
- collision avoidance system,
- driver drowsiness detection,
- lane keep assist,
- detection of crossing traffic,

- traffic signs recognition system,
- automatic steering assist system,
- start-stop system,
- adaptive suspension system,
- dynamic stabilization system and other.

We discuss sensors and software of advanced control systems in the following parts of the paper.

Modern self-driving cars

6.1 Review and Main Players

Nowadays it is defined six levels of autonomous driving technology[7]:

- 0 - No Automation,
- 1 - Driver Assistance.
- 2 - Partial Automation,
- 3 - Conditional Automation.
- 4 - High Automation,
- 5 - Full Automation/

Today on the Russian market available automobiles with autonomous driving level up to 1. The international market offers cars up to third level (for example Tesla Autopilot [8]), a number of companies are working on technologies of the fifth level (e.g. Waymo[9]).

The principal difference between levels 0-2 and 3-5 is that these levels demand from the on-board computer system “full understanding” of the world around the car; because on these levels the driver can’t momentarily take over the control over vehicle. 3-5 levels demands dramatically different approaches to sensors and development of software from the current available on the market.

There is some “balance” between the complexity of sensors and software that processes their output. More expensive and complex sensors make possible to simplify the software. Cheap sensors usually demands more complex signal processing. As the result, the developers of a self-driving car select a set of sensors and onboard computer cluster that are balanced with each other. This is one more difference from available on the market driver assist systems, where sensors only give to the driver additional information with minimal processing of the data, or, like for the rear view camera, without any processing. Cheap popular ultra-sound sensors because they can not operate during a strong rain or snow and have a very short radius (only a few meters) are used only in some systems of semi-automatic parking at very slow speed.

6.2.Collectionofdata,sensors.

All information that gets into the system can be divided into two types:

- external information that is collected not by the car’s sensors. Usually this is

a high-resolution maps;

Information collected by sensors that are installed on the vehicle.

6.2.1. High Resolution Maps

High resolution Maps makes significantly simpler the problem of simultaneous localisation and mapping (SLAM), see for example[10]. The maps contain detailed information about road surface, traffic signs, and additional data[11].

6.2.2. Sensors of self-driving cars

As we had already mentioned, a self-driving car has special high demands to the quality of collected information and robustness to noises, introduced by environment and/or active adversarial actions. Nowadays the most popular self-driving car sensors are:

- Laser sensors, LIDAR. These sensors provide 3D information about the environment with medium resolution. An example of such sensors, which are popular in the industry, are products from Velodyne[12].

Radars, these sensors can collect 3D+relative speed information with low resolution. Example of these sensors are products of company ZF[13].

Video cameras. Installed on a self-driving car video cameras have special demands to work in a wide range of illumination and “blinding” by sun and headlights. It is usually achieved by special design of optics and electronic components. An example of such camera is [14].

The information from these sensors is transferred over high-speed buses to the onboard computer classes.

6.3 Software

Onboard software has a number of different functions, when the most important are:

- “understanding” of the surrounding environment, creating a full representation of the world. This is usually called “perception”

- planning and issuing commands to the vehicle control (planning and control).

6.3.1. Perception

Last years we have seen a real breakthrough in the area of Machine Learning, using the approach known as Deep Learning. This approach makes possible to create software systems that solve perception tasks and image understanding on super-human quality levels, see for example [16].

These type of machine learning is the most popular on modern self-driving cars, see the review [16].

A big problem is providing enough computation resources of the onboard computer cluster because Deep Learning algorithms have a very high computation cost and the sensors demand high-speed input-output. These ap-

plications demand new computer architectures and chip manufacturing processes. Nowadays, some manufactures provide special hardware solutions for these applications, for example products from Nvidia[17].

6.3.2. Planning and control

Historically planning and control of robots and autonomous systems were based on relatively simple models of environment and uncertainty. Object's trajectories with uncertainty of measurements were usually based on models similar to Kalman filters[18] and control algorithms with feedback[19].

However such systems are hard to develop for conditions of significant uncertainty about many objects which is typical for a vehicle control in real traffic of a modern city. Different types of uncertainty are created from not full information about environment, for example some vehicles or pedestrians might be occluded and not visible at the moment of making a decision; complexity of behavior of other participants in a real traffic situation, for example a jaywalking pedestrian; ambiguous interpretation of traffic laws and their practical application by drivers.

The modern state of software development shows that it is very probable that the traditional approaches to software development and creating systems based on special rules and ad-hoc algorithms is over the complexity that is manageable for hand-coding by a group of coders. The solution is an application of Machine Learning. Recently, the approach known as Reinforcement Learning[20] in a combination with already mentioned Deep Learning makes possible to solve these problems, see this review [21].

Using this approach it is possible to create end-to-end learning systems that are significantly easier to develop. Examples of such development are, for example, in these publications [22, 23].

All these breakthroughs in the modern software development make possible creating mass-produced self-driving cars in the near future.

7. The video surveillance system for detecting of drivers who violates traffic laws

There are thousands of surveillance cameras installed on St. Petersburg streets. Information from the cameras is processed in a information-analytical center and can be by demand transferred to local police to investigate special cases

Information from these cameras can be used for on-line automatic detection of reckless driving and improving of traffic safety. It can be achieved, first by taking remote control over the vehicle and, second, by informing other drivers in some proximity.

This functionality demands integration of the city surveillance system

with modern onboard computer systems of modern cars.

8. The Conclusion

After the terrorist attack 9/11 an agreement between US and Russia was made about improvements in anti-terrorism safety. It was proposed to use a remote control system that can overtake control over a hijacked airplane.

Similar to this proposal we suggest similar solution to improve driving safety on the streets of St Petersburg:

For these project it is important a collaboration of local car manufacturers, road construction and maintenance companies, and the city government to improve traffic safety.

Similar systems can be introduced in other cities that makes the project more effective.

To take a remote control over traffic violators some changes in the traffic law is needed.

The project might be a part of Software-hardware complex “Safe city”.

References

1. М.Б.Игнатьев Кибернетическая картина мира. Сложные киберфизические системы. – СПб.: ГУАП, 2014, - 472 с.
2. М.Б.Игнатьев Просто кибернетика, - СПб, Страта, 2016. - 248с.
3. М.Б.Игнатьев, В.П.Попов, М.Б.Сергеев Использование умных автомобилей и умных дорог для повышения безопасности дорожного движения. Доклад на Научном совете РАН по робототехнике и механотронике, 22.12.2016, Москва.
4. М.Б.Игнатьев, В.П.Попов, М.Б.Сергеев Об инновационных IT проектах умные автомобили и умные дороги для повышения безопасности. Доклад на Совете по информатизации С-Петербурга, 1.03.2017, Смольный.
5. М.Б.Игнатьев. Интервью «Второе рождение кибернетики», газета Санкт-Петербургские ведомости, 24.03.2017, подготовлено А.Б.Долгошевой.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://motor.ru/news/2016/06/29/autonomsigns] ,свободный.
7. Automated Driving. SAE International Standard J3016, 2016
8. Tesla Autopilot <https://www.tesla.com/autopilot>
9. Waymo official website <https://waymo.com/>
10. Sebastian Thrun et al. Probabilistic Robotics (Intelligent Robotics and Autonomous Agents series) The MIT Press; 2005
11. Heiko G. Seifa, Xiaolong Hub Autonomous Driving in the iCity—HD Maps as a Key Challenge of the Automotive Industry 2016
12. Velodyne LiDAR, Inc <http://velodynelidar.com>
13. ZF Motion and Mobility https://www.zf.com/corporate/en_de/products/product_range/cars/cars_ac1000_radar.shtml

14. Sony Commercializes the Industry's First*1 High-Sensitivity CMOS Image Sensor for Automotive Cameras, Delivering Simultaneous LED Flicker Mitigation and High-Quality HDR Shooting
<https://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/201704/17-034E/index.html> 2017
15. Jürgen Schmidhuber Deep learning in neural networks: An overview, Neural Networks Volume 61, January 2015, Pages 85–117
16. Joel Janai et. al. Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State-of-the-Art, [1704.05519v1]
17. The AI Car Computer for Self-Driving Vehicles.
<http://www.nvidia.com/object/drive-px.html> 2017
18. Kalman, R. E. (1960). "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems". Journal of Basic Engineering. 82: 35. doi:10.1115/1.3662552.
19. Liptak, Bela (1995). Instrument Engineers' Handbook: Process Control. Radnor, Pennsylvania: Chilton Book Company. pp. 20–29. ISBN 0-8019-8242-1.
20. Sutton, Richard S.; Barto, Andrew G. (1998). Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press. ISBN 0-262-19398-1.
21. Yuxi Li Deep Reinforcement Learning: An Overview
<https://arxiv.org/abs/1701.07274> 2017
22. Mariusz Bojarski et al. End to End Learning for Self-Driving Cars
<https://arxiv.org/abs/1604.07316> 2016
23. Yurong You et al. Virtual to Real Reinforcement Learning for Autonomous Driving <https://arxiv.org/abs/1704.03952> 2017

УДК 004.4

Гунделах Филипп Викторович,
аспирант
Станкевич Лев Александрович,
канд. техн. наук, профессор

КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ МОЗГА В НЕИНВАЗИВНОМ ИНТЕРФЕЙСЕ «МОЗГ-КОМПЬЮТЕР»

Санкт-Петербург, СПбГПУ, stankevich_lev@inbox.ru

Аннотация. В данной работе представлена архитектура интерфейса «мозг-компьютер» и описаны средства классификации электроэнцефалографических сигналов мозга. Рассматривается полный процесс обработки таких сигналов: ввод, фильтрация, удаление артефактов, выделение

признаков и классификация. Приведено краткое описание комитета классификаторов, построенного на нейронных сетях и методе опорных векторов. Показано, что такой классификатор позволяет получить точность более 60% при распознавании 4-х классов воображаемых движений пальцами одной руки.

Ключевые слова: интерфейс «мозг-компьютер», электроэнцефалография, классификация воображаемых движений, нейронные сети.

Filipp V. Gundelakh,
postgraduate
Lev A. Stankevich
, professor

CLASSIFICATION OF BRAIN SIGNALS IN NONINVASIVE BRAIN-COMPUTER INTERFACE

Saint-Petersburg, SPbSTU, stankevich_lev@inbox.ru

Abstract. This paper presents architecture of brain-computer interface is presented and means of electroencephalographic signal classification are described. Full process of such signals processing as inter, filtering, artifact remote, feature extraction, and classification is considered. Short description of classificatory committee, building on neural networks and support vector machines are given. It is shown that such qualifier provides accuracy 60% at recognition of four classes of imaginary movements for one hand fingers.

Keywords: brain-computer interface, electroencephalography, classification of imaginary movements, neural networks.

Введение

В начале 21-го века бурное развитие нейрофизиологии, психологии и искусственного интеллекта, а также методов и устройств регистрации биоэлектрических сигналов привело к возможности создания новых средств человеко-машинных коммуникаций на основе прямого восприятия сигналов нервной системы.

Перспективным способом реализации коммуникаций человека с компьютером является использование, так называемых, интерфейсов «мозг-компьютер» (ИМК). ИМК - современная технология и средства, способные обеспечивать взаимодействие человека с внешними электронными и электромеханическими устройствами на основе регистрации и декодирования сигналов электрической активности головного мозга [1]. ИМК должны работать в реальном времени, то есть формировать сигналы управления с минимальной задержкой, определяемой скоростью работы внешних устройств. В литературе показано, что для реабилита-

ции постинсультных пациентов наиболее подходящим является ИМК, основанный на распознавании воображаемых движений [2].

В качестве средства получения информации о биоэлектрической активности мозга, соответствующей моторным командам, часто используется электроэнцефалография (ЭЭГ). Современные исследования показывают, что ЭЭГ как неинвазивная и довольно недорогая технология имеет значительный потенциал для создания ИМК. Однако фактором, ограничивающим практическое применение ИМК на основе сигналов ЭЭГ, является сложность надежной и воспроизводимой интерпретации (декодирования) сигналов мозга. Другим фактором является сложность классификации ЭЭГ паттернов воображаемых движений в реальном времени.

В настоящее время неинвазивные ИМК на основе ЭЭГ реализуются для декодирования воображаемых и реальных движений крупных частей тела, например, рук и ног. Однако такие ИМК не эффективны для декодирования мелкой моторики, например, движения пальцев одной руки. Эта проблема трудно решается из-за анатомической близости структур мозга, участвующих в реализации воображаемых движений, и незначительных различиях в сигналах ЭЭГ при воображении движений мелкими частями тела, и требует больших вычислительных ресурсов для анализа данных. Необходимо отметить, что для работы в режиме реального времени особое внимание уделяется временным задержкам.

В настоящее время некоторые российские научные группы и организации проводят исследования, связанные с созданием ИМК, многие из которых известны на международном уровне [3,4]. Таким образом, существуют попытки создать интерфейс человек-компьютер с использованием ИМК на основе сигналов ЭЭГ. В общем случае такие средства позволяют обнаруживать некоторые ментальные команды человека, использующие сигналы Р300 [4]. Однако такие интерфейсы ограничены количеством степеней свободы и могут использоваться для простого управления роботом.

Целью этой работы является разработка методов и алгоритмов классификации воображаемых движений по сигналам ЭЭГ для ИМК, которые могут быть основой системы управления внешними устройствами, например, при реабилитации людей с ограниченными двигательными способностями.

Архитектура имк

При управлении роботизированными устройствами, такими как инвалидная тележка, робот-манипулятор, протез, экзоскелетон и пр. парализованный человек должен иметь возможность отдавать команды, позволяющие этим устройствам выполнять определенные задачи по пе-

ремещению человека, манипулированию объектами или управлению протезами. В этой работе предлагается сделать это через неинвазивный ИМК, декодирующий сигналы активности мозга, и формировать супервизорные команды на внешние устройства. Для практической реализации такой системы необходимо использовать биологическую обратную связь через зрение, которая позволяет адаптировать мозг и усилить сигналы ЭЭГ, соответствующие воображаемым командам [3]. Задержки вычисления ответа при этом должны быть достаточно малы, чтобы в сознании пользователя эти события были однозначно связаны.

Можно сформировать следующие принципы построения систем, позволяющих человеку управлять роботизированными устройствами через ИМК: (1) достижение высокой точности и скорости классификации паттернов ЭЭГ до уровней, приемлемых для использования ИМК для управления роботизированными устройствами; (2) обеспечение достаточных степеней свободы ИМК, т.е. количества распознанных воображаемых команд более 4-х; (3) оптимизация вычислительных ресурсов для сокращения времени работы ИМК при сохранении точности распознавания, включая классификацию воображаемых команд по одной попытке воображения.

ИМК на основе ЭЭГ включают в себя устройство регистрации и предварительной обработки сигналов ЭЭГ для нахождения ЭЭГ-паттернов, соответствующих воображаемым командам, извлечения признаков в спектральных или временных областях, классификации ЭЭГ-паттернов воображаемых команд и формирования решения по классу распознанной команды (рис. 1).

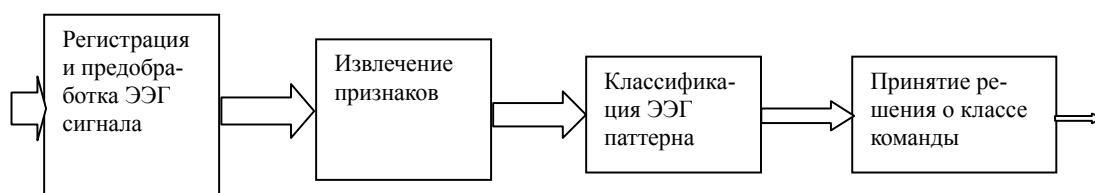


Рис. 1. Структура неинвазивного ИМК

Для исследований возможности реализации системы взаимодействия человек-компьютер на основе неинвазивного ИМК был использован классификатор воображаемых движений пальцев одной руки, разработанный авторами ранее [5, 6]. Адаптация этого варианта ИМК к распознаванию воображаемых команд была выполнена с использованием специально разработанной программы и методики. Согласно методике, испытуемым предлагалось последовательно представлять 4 типа воображаемых движений пальцами одной руки (большого, указательного, среднего пальцев и мизинца) в соответствии с присвоенными им командами

управления поведением роботизированного устройства. При тренировке испытуемые сначала должны нажимать кнопку компьютерной мыши пальцем, назначенным для управления необходимым поведением, в ритме, заданном звуками, и после того, как звук выключен, продолжать представлять себе движение тем же пальцем. Тренировка ориентирована на воображение движений по кинестетическим ощущениям испытуемого. Тестовая серия реальных и мнимых движений повторялась несколько раз. В результате испытуемый должен был выполнить не менее ста реальных и ста воображаемых движений в заданном ритме в одном блоке теста. Количество блоков теста должно соответствовать количеству типов выполняемых движений (реальные/воображаемые движения пальцами). Таким образом, имитируется управление роботизированными устройствами с помощью кнопочного переключателя команд.

Регистрация сигналов ЭЭГ выполнялась с помощью 32-канального цифрового ЭЭГ-устройства компании «Мицар». Использовались 19 электродов, которые были расположены по системе 10-20. Сигналы ЭЭГ длительностью 600 мс регистрировались в полосе частот 0,53 Гц - 30 Гц. Частота дискретизации составляла 500 Гц. При анализе записей ЭЭГ были исключены артефакты, такие как движения глаз, медленные и быстрые волны, фрагменты сигналов ЭЭГ с амплитудой более 100 мкВ. Для анализа и последующей классификации использовались безартефактные записи сигналов ЭЭГ, зарегистрированных с сенсомоторной области коры головного мозга: участки C3, Cz, F3.

Анализ сигналов ЭЭГ проводился во временной и частотной области. Для обеспечения необходимой скорости вычисления функции системы был проведен анализ каждого отдельного испытания без накопления. Использовался алгоритм совместного учета двух пространств признаков: площадь под кривой и кепстральные коэффициенты, вычисленные на отрезке сигнала. Данные функции вычислялись в скользящем окне, что позволило выбрать наиболее информативные окна.

Важным для повышения точности классификации является выбор размера окна анализа. Ранее было показано, что подбор оптимальных значений ширины окна анализа может существенно повысить точность классификации воображаемых движений. На базе проведенных ранее исследований [5] была выбрана ширина окна анализа 100 мс со сдвигом в 50%.

Классификация ЭЭГ паттернов, соответствующих воображаемым движениям, проводилась по найденным наборам признаков, с использованием нейронных сетей и метода опорных векторов.

Классификация ээг паттернов

Разработанный комитет классификаторов ЭЭГ паттернов основан на искусственных нейронных сетях (ANN) и методе опорных векторов

(SVM). Исследования показали, что они являются эффективными средствами классификации, в том числе, и воображаемых движений.

В этой работе реализованы нейронные сети типа многослойного персептрона с тремя слоями: двумя скрытыми и выходным. В качестве функций активации в скрытых слоях использовалась сигмоидальная функция, а в выходном слое - линейная функция.

Метод опорных векторов основан на линейной классификации. Суть метода заключается в разделении выборки на классы при помощи оптимальной разделяющей плоскости. Преобразование данных определяется функцией ядра преобразования. На основании результатов исследований по выбору наиболее подходящих типов SVM в данной работе для классификации ЭЭГ сигналов был выбран SVM с ядром в виде радиально-базисной функции.

Для исследований использовался двухуровневый комитет классификаторов. Первый уровень состоит из двух искусственных нейронных сетей (ANN (C) и ANN (L)) и двух классификаторов на основе метода опорных векторов (SVM (C) и SVM (L)), а второй уровень - искусственная нейронная сеть (ANN (T)) для объединения результатов классификаторов первого уровня. Классификаторы первого уровня анализируют отдельные векторы признаков (длина L под кривой S и кепстральные коэффициенты C), полученные для 20 сегментов сигнала ЭЭГ (20 признаков на L и 20 признаков на C) и выдают ответы принадлежности сигнала пробы тому или иному классу (4 ответа). На основе этих сигналов формируется вектор признаков (16 компонентов) для ANN (T) второго уровня, который принимает окончательное решение о принадлежности данного сигнала ЭЭГ к определенному классу воображаемых команд управления (рис. 2).

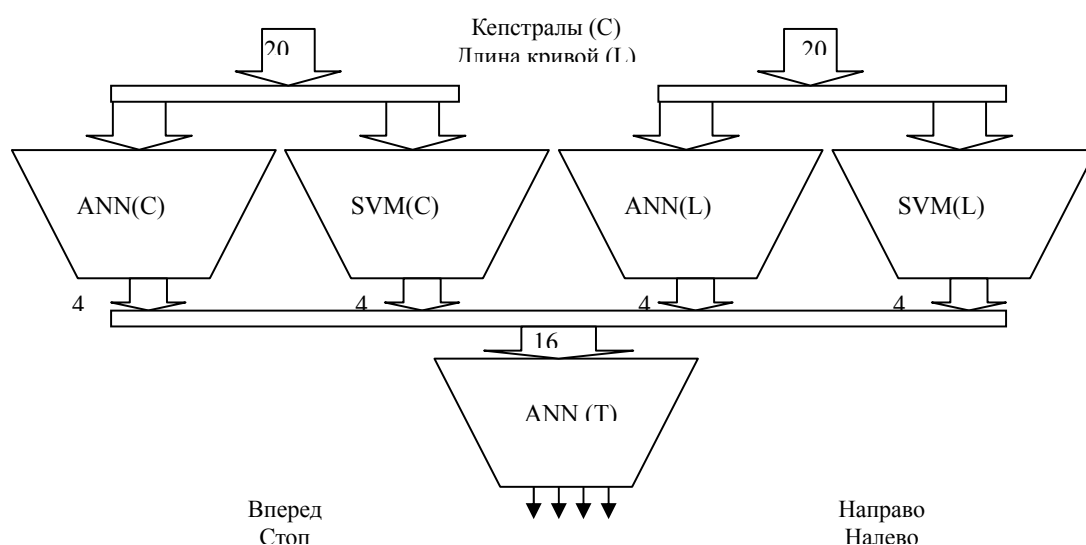


Рис. 2 - Структура двухуровневого комитета классификаторов

При работе ИМК в режиме реального времени предполагается непрерывное чтение данных ЭЭГ. Для обеспечения непрерывности приема входных данных и их параллельной обработки использовался метод многопоточного программирования. Схема обработки такая: как только заканчивается проба N и начинается проба N+1, поток данных 2 считывает данные, относящиеся к пробе N, делает предварительную обработку, извлечение признаков и классификацию, а также выводит на монитор результат классификации (рис. 3).

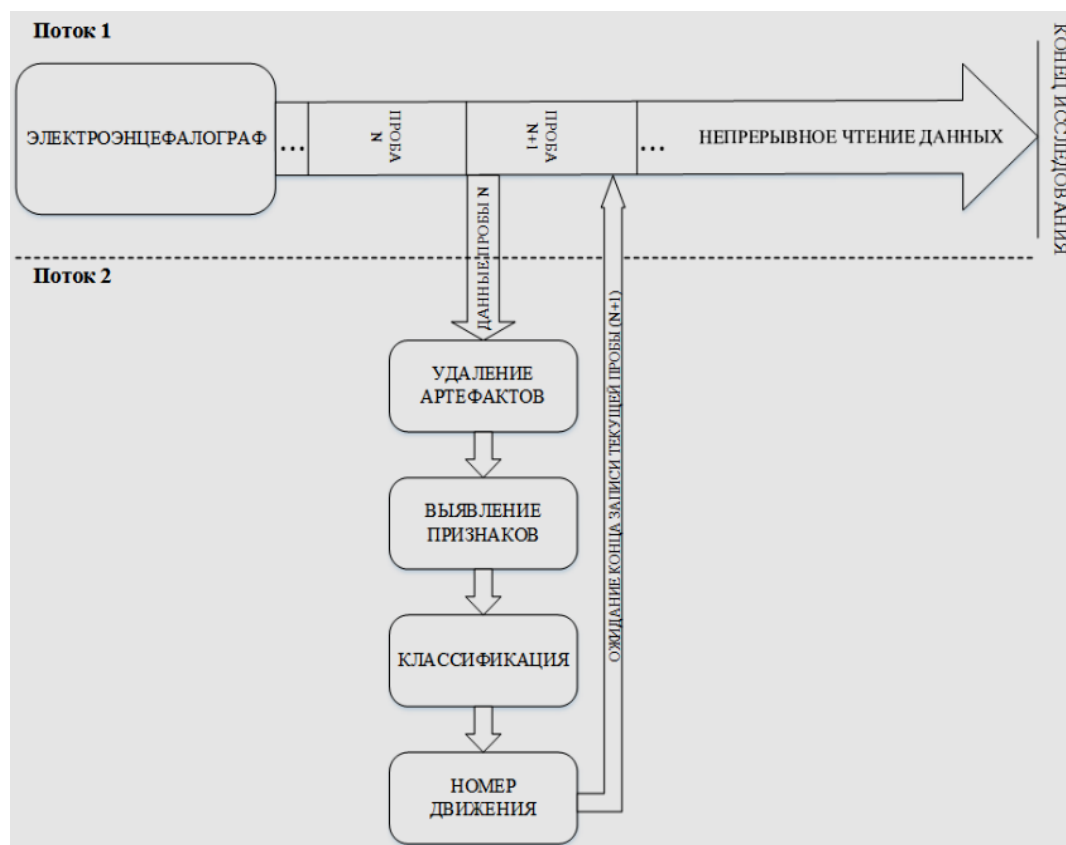


Рис. 3 - Схема системы классификации, работающая в реальном времени

Управление роботизированными устройствами

При управлении роботизированными устройствами человек должен иметь возможность отдавать команды, изменяющие их поведение. В этой работе предлагается сделать это через ИМК, формируя двигательные команды для перемещения и манипуляций. Проведен эксперимент по управлению инвалидной тележкой с помощью неинвазивного ИМК с системой классификации ЭЭГ-паттернов. С помощью ИМК формировались управляющие сигналы высокого уровня (супервизорные). Использовались команды четырех классов: «Вперед», «Стоп», «Направо», «Налево». Эксперимент продемонстрировал возможность обучения класси-

фикатора ИМК этим командам и управления с помощью них тележкой. Поскольку на тележке была установлена система технического зрения для распознавания и обхода препятствий, такого супервизорного управления оказалось достаточно для осуществления любого перемещения в зоне эксперимента. Тележка имеет стандартные размеры, поэтому она может использоваться для подвозки медикаментов или как информатор, связанный с обслуживающим персоналом и даже с Интернетом.

Проведенные исследования прототипа ИМК показали, что его характеристики соответствуют требованиям реального времени. Временные задержки, необходимые для получения ответа от классификатора, находятся в пределах 150 мс, что является приемлемым для использования ИМК с биологически обратной связью. Согласно субъективному самоотчету испытуемого, он действительно связывает воображаемый акт с полученным ответом системы.

При исследованиях ИМК были получены следующие результаты. В автономных сеансах при классификации паттернов ЭЭГ воображаемых команд без накопления проб вероятность успешной классификации 4-х типов воображаемых команд превышала случайный порог в 25% и в среднем составляла $36 \pm 5\%$ для каналов C3, Cz и $50 \pm 5\%$ для каналов F3, C3. В режиме on-line на этапе обучения вероятность успешной классификации по 4-м типам команд была в среднем равна 40%. В процессе тестирования системы с использованием обратной связи для некоторых воображаемых команд получена точность классификации, равная 58% и 56% соответственно. Однако, исследования показали, что часть испытуемых (около 30%) не способна научиться работать с ИМК на основе сигналов ЭЭГ.

Заключение

Исследования разработанного ИМК показали, что он соответствует требованиям практического применения в реальном времени. Так, максимальный период задержки при формировании сигналов управления не превышает 150 мс, что позволяет использовать биологическую обратную связь. Реализованная в системе многопоточность позволяет записывать и обрабатывать одновременно сигнал ЭЭГ без потери данных и выполнять надежную on-line классификацию.

Как пример построения эффективных ИМК на основе обработки сигналов ЭЭГ приведен вариант ИМК с комбинированным классификатором ЭЭГ-паттернов. Рассмотренная система классификации способна обучаться восприятию воображаемых моторных команд для организации движений не только крупными (руками или ногами), но и мелкими частями тела (пальцами одной руки). Показано, что такая система классифи-

кации ЭЭГ-паттернов может обеспечить приемлемую точность и скорость классификации в ИМК. Это позволяет использовать ее для управления различными робототехническими устройствами, такими как тележка с техническим зрением и, возможно, с манипулятором, искусственная рука с пятипалой кистью или экзоскелетон.

Проведенные исследования показали, что для разработки эффективных систем взаимодействия человека и робота на основе неинвазивного ИМК требуется решить задачи повышения точности и скорости классификации ЭЭГ-паттернов воображаемых движений, увеличения степени свободы ИМК и оптимизации вычислительных ресурсов для реализации алгоритмов функционирования ИМК. Решение этих задач позволит создать эффективные ИМК, которые обеспечат людям с ограниченными двигательными функциями возможности управления роботизированными устройствами, используя сигналы мозга, что может значительно улучшить их функционирование в мире здоровых людей.

Список литературы

1. Wolpaw J.R., Wolpaw E.W. Brain-computer interfaces: principles and practice. NY: Oxford University Press. 2012. P. 400.
2. Daly I., Billinger M., Laparra-Hernández J., Aloise F., García M.L., Faller J., Scherer R., Müller-Putz G. On the control of brain-computer interfaces by users with cerebral palsy. *Clinical Neurophysiology*. 2013. 124. P. 1787–1797.
3. Frolov, A.A., Roshin, V.U. Brain computer interface. Reality and perspectives // Scientific conference on neuroinformatic MIFI 2008. Lectures on neuroinformatic . 2008. <http://neurolectures.narod.ru/2008/Frolov-2008.pdf> (in Russian).
4. Kaplan, A.Ya., Kochetkov, A.G., Shishkin, S.L. et al. Experimental-theoretic bases and practical realizations of technology "Brain computer interface" // *Sibir medicine bulletin*. 2013. Vol. 12. No2. p. 21 (in Russian).
5. Sonkin, K.M., Stankevich, L.A., Khomenko, Ju.G., Nagornova, Zh.V., Shemyakina, N.V. Development of electroencephalographic pattern classifiers for real and imaginary thumb and index finger movements of one hand. *Artificial Intelligence in Medicine*, Vol. 63(2) (2015) 107-117.
6. Stankevich, L.A., Sonkin, K.M., Shemyakina, N.V., Nagornova, Zh.V., Khomenko, Ju.G., Perts, D.S., Koval, A.V. Pattern Decoding of Rhythmic Individual Finger Imaginary Movements of one Hand. *Human Physiology*, Vol. 42(1) (2016) 32-42.

УДК 004.3`12:519.873

Ломакина Любовь Сергеевна,
доктор технических наук, профессор
Сильянов Николай Владимирович,
аспирант,
Надежкин Максим Александрович,
магистрант

СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

г. Нижний Новгород, Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева,
кафедра Вычислительных систем и технологий
lloமாகina@list.ru, nick.silyanov@gmail.com, nadezhkin.m.a@mail.ru

Аннотация. Рассматривается структура вычислительной системы на основе высокоскоростной коммутационной сети. Предлагается обеспечение устойчивости к отказу одного из модулей обработки на основе моделей групп симметрий. Разработан алгоритм получения таблиц реконфигурации с применением указанных моделей. Результаты работы алгоритма рассмотрены на примере четырехвершинной структуры с диэдральной группой симметрии.

Ключевые слова: Отказоустойчивость, реконфигурация, автоморфизм, группы симметрии

Lomakina Lyubov Sergeevna,

Sil'yanov Nickolay Vladimirovich,
postgraduate student,
Nadezhkin Maksim Aleksandrovich,
Student

SYSTEM DESIGNING OF FAULT-TOLERANT COMPUTERS

Nizhny Novgorod, Computer's systems and technologies department of
Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev
lloமாகina@list.ru, nick.silyanov@gmail.com, nadezhkin.m.a@mail.ru

Abstract. Structure of computer system based on a high-speed switching network is shown. Tolerance for single fault of processing modules is provided. Fault-tolerance based on models of symmetry groups is considered. Al-

gorithm for generating reconfiguration tables is developed. The example is shown applying to four-node structure with a dihedral symmetry group.

Keywords: Fault-tolerance, reconfiguration, automorphism, symmetry groups

Введение

Несмотря на то, что проблемы обеспечения устойчивости вычислительных систем к отказам известны достаточно давно [1], эти проблемы не теряют актуальности, поскольку постоянно растет степень внедрения средств информатизации как в объектах сфер ответственного применения, так и в необслуживаемых объектах. Отказоустойчивость может подразумевать высокие показатели надежности, которые обеспечиваются использованием элементов и схем с большим запасом надежности, а также повышенным вниманием к технологиям изготовления и сборки. Другой подход к отказоустойчивости не исключает появления неисправностей, но их неблагоприятное воздействие предотвращается или минимизируется путем введения определенной формы избыточности [2, 3].

Структура вычислительной системы

Для дальнейшего анализа в качестве исходной выбрана структура вычислительной системы, упрощенно изображенная на рис. 1.

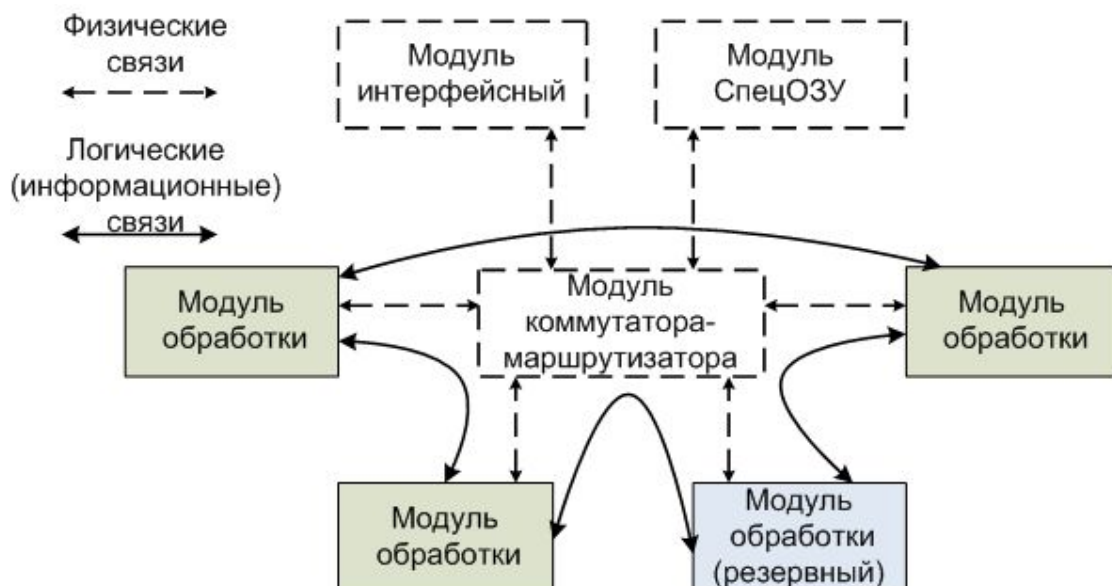


Рис. 1. Исходная структура вычислительной системы

Система строится на основе высокоскоростной коммутационной сети SpaceWire. Предполагается, что модуль коммутатора-маршрутизатора имеет свободные порты, которые могут быть использо-

ваны для масштабирования или резервирования. При наращивании модулей обработки структуру можно отнести к классу многомашинных, когда каждый обрабатывающий процессор имеет собственную память (как постоянную, так и оперативную) [4]. Многомашинные структуры позволяют обеспечить одновременное повышение производительности и отказоустойчивости. При этом, разумеется, алгоритмы управления должны допускать возможность распараллеливания.

В данном примере избыточность вводится только для модулей обработки в предположении, что они с большей вероятностью подвержены отказам по сравнению с другими модулями. Предположение основано на традиционном представлении, что наименее надежными элементами вычислительной техники являются микросхемы оперативных запоминающих устройств [5]. Микросхемы, применяемые в модуле специализированного ОЗУ для хранения промежуточных результатов, имеют повышенный уровень безсбойной работы, однако их информационная емкость недостаточна для применения в модулях обработки. Модули интерфейсный и коммутатора-маршрутизатора построены на основе специализированных СБИС, которые (по сравнению с ОЗУ) также менее подвержены сбоям или отказам. Поэтому избыточность далее рассматривается только в отношении модулей обработки.

Также следует отметить, что в данной работе рассматривается минимальная избыточность, а именно позволяющая сохранить работоспособность при отказе только одного модуля. Соответственно, в структурной схеме добавляется только один резервный модуль обработки, как показано на рис. 1. Отказоустойчивость в более общем случае, т.е. когда отказывают k модулей, рассматривается в [6].

Согласно рис. 1, аппаратная часть вычислительной системы имеет полносвязную структуру. Организация логических связей, т.е. распределение потоков данных и управляющей информации при параллельной обработке, менее очевидна и может быть реализована разными способами при разработке программного обеспечения системы. Поиск общих рекомендаций по проектированию системы на логическом уровне, позволяющих обеспечить рассмотренный уровень отказоустойчивости, и составляет предмет дальнейшего рассмотрения.

Модели информационного взаимодействия модулей обработки

Структура моделируется в виде графа, вершины которого соответствуют модулям обработки, а дуги – логическим (информационным) связям между ними. Для определенности резервный модуль обработки соответствует вершине V_0 . Применяемая модель предполагает, что отказам подвержены только вершины графа. Коммутационная сеть отказам не подвержена, т.е. при отказе модуля обработки можно осуществить ре-

конфигурацию системы в соответствии с рис. 1 за счет перестройки работы модуля коммутатора-маршрутизатора и заменить отказавший модуль обработки на резервный.

В качестве примера на рис. 2 показаны структуры с четырьмя модулями обработки. На рис. 2а-2г вершина V_0 является смежной лишь с одной из вершин графа, т.е. резервный модуль способен заменить только один из основных. Лучшие возможности по обеспечению отказоустойчивости в соответствии с рис. 2ж имеются у полносвязного графа. При дальнейшем росте размерности системы организация такой структуры будет становиться сложнее и дороже. Анализируя оставшиеся два примера, следует отметить, что заменить любой из основных модулей на резервный, не нарушив отношений инцидентности, можно лишь для случая на рис. 2д.

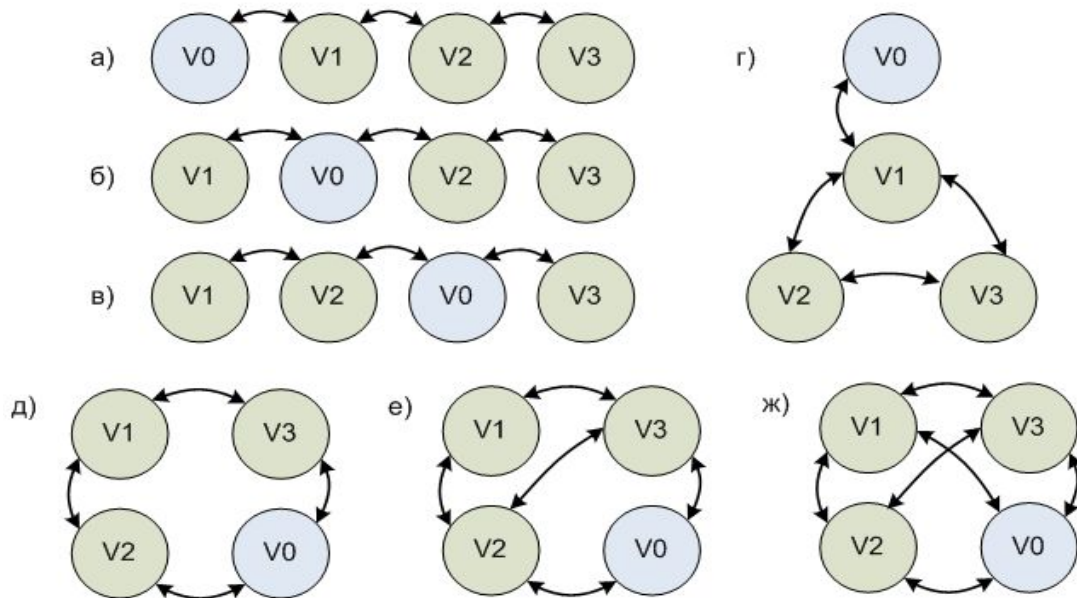


Рис. 2. Варианты структур с четырьмя модулями

В общем случае в [7] показано, что отказоустойчивость с минимально возможной избыточностью реализуема только в структурах, обладающих определенного рода математической симметрией. Замена отказавшего модуля на резервный в рамках применяемой модели означает переименование логических имен вершин графа таким образом, что избыточная вершина замещает отказавшую без изменения инцидентности между новыми логическими именами. Такое преобразование графа является инвариантным и также называется автоморфизмом. Совокупность автоморфизмов образует группу симметрии. Далее в качестве примера будет рассмотрена диэдральная группа симметрий.

Зная группу симметрии, которой обладает система, можно составить таблицу групповых преобразований. При этом число преобразований равно порядку группы симметрии. Указанная таблица будет однозначно определять процесс реконфигурации после отказа. Для системы, показанной на рис. 1, диагностику и реконфигурацию должен осуществлять модуль коммутатора-маршрутизатора, соответственно таблицы реконфигурации должны храниться у него в памяти. Далее приводится алгоритм формирования таблиц реконфигурации.

Алгоритм реконфигурации

Разработаны модификации алгоритма для циклической, диэдральной и тетраэдральной групп симметрии [8].

Упрощенно алгоритм реконфигурации можно представить в виде линейного и записать в текстовой форме:

- a) ввод списка вершин и типа группы симметрии;
- b) преобразование введенных данных в вид исходного автоморфизма;
- c) составление множества возможных автоморфизмов исходного графа;
- d) преобразование всех полученных автоморфизмов исходного графа во множество возможных реконфигураций;
- e) формирование множества реконфигураций на случай отказа для каждой из вершин;
- f) вывод результатов работы алгоритма.

Диэдральная группа симметрии (D_n) состоит из собственных вращений в пространстве на углы $\alpha = 360^\circ / (2N)$ вокруг оси, проходящей через центр O , и на 180° вокруг $N / 2$ осей второго порядка [8]. Группа имеет порядок $|D_n| = N = 2n$ и содержит $2n$ автоморфизмов: тождественный автоморфизм; $n - 1$ поворотов на углы $2\pi k / n$, где $k = 1 \dots n - 1$; а также n отражений относительно осей, проходящих через центр O и образующих между собой углы, кратные $2\pi / n$.

Алгоритм поиска автоморфизмов для структур, обладающих данной группой симметрии выглядит следующим образом. Для каждого из чисел последовательности $0 \dots n - 1$ выполняется итерация:

- исходный граф поворачивается на i (за положительное направление принят поворот по часовой стрелке), где i число, относительно которого производится итерация. Данная операция эквивалентна повороту графа вокруг точки O на угол $\alpha = 360^\circ \cdot i / N$;
- полученный автоморфизм сохраняется в список автоморфизмов исходного графа;
- для получившегося автоморфизма производится операция отражения относительно оси симметрии. Для структур, обладающих симмет-

рией D_n , принимается ось, проходящая через ребро между вершинами с номерами 0 и 1. Для структур, обладающих симметрией $D_{n/2}$ возможны два типа осей симметрии: аналогично структурам группы D_n либо ось, проходящая через вершины с номерами 0 и $(n/2) - 1$;

– полученный автоморфизм сохраняется в список автоморфизмов исходного графа.

Также для поиска автоморфизмов могут использоваться группы симметрии октаэдра W и икосаэдра P [7], однако текущая реализация разработанного алгоритма не поддерживает работу с ними.

В результате работы алгоритма для каждой из вершин сформирован набор таблиц реконфигурации системы, исходя из предположения, что данная вершина подверглась отказу. Каждое групповое преобразование представляет подстановку вида

$$\begin{pmatrix} V_0 & V_1 & \dots & V_i & \dots & V_n \\ V_i & V_j & \dots & V_n & \dots & V_k \end{pmatrix}.$$

Такая запись означает, что по данной подстановке вершина V_0 замещает V_i , V_1 замещает V_j и т.д.

Пример построения таблицы реконфигурации

В качестве примера приводятся результаты работы программы в виде таблиц реконфигурации для структуры, изображенной на рис. 2д. Данная структура обладает группой симметрии D_4 и имеет 8 автоморфизмов. Вершина V_0 принимается в качестве резервной. Результатом работы программы будут являться наборы таблиц реконфигурации на случай отказа вершин V_1, V_2, V_3 (таблицы 1–3).

Таблица 1

Реконфигурация при отказе вершины V_1

Вариант реконфигурации	А				Б			
Логическое имя до	V_0	V_1	V_2	V_3	V_0	V_1	V_2	V_3
Логическое имя после	V_1	V_0	V_2	V_3	V_1	V_0	V_3	V_2

Таблица 2

Реконфигурация при отказе вершины V_2

Вариант реконфигурации	А				Б			
Логическое имя до	V_0	V_1	V_2	V_3	V_0	V_1	V_2	V_3
Логическое имя после	V_2	V_3	V_0	V_1	V_3	V_2	V_0	V_1

Таблица 3

Реконфигурация при отказе вершины V_3

Вариант реконфигурации	А				Б			
Логическое имя до	V_0	V_1	V_2	V_3	V_0	V_1	V_2	V_3
Логическое имя после	V_2	V_3	V_1	V_0	V_3	V_2	V_1	V_0

Например, в таблице 1 вариант реконфигурации «А» задает однозначное и оптимальное соответствие логических имен вершин до реконфигурации и после, а именно: вершина V_0 замещает V_1 , $V_1 \rightarrow V_0$, а вершины V_2 и V_3 не изменяют своих логических имен в ходе реконфигурации.

Заключение

Обеспечение отказоустойчивости вычислительных систем с минимальной избыточностью является актуальной задачей. С учетом ограничений по массе и габаритам целесообразно выполнять резервирование наименее надежных элементов системы. При этом организацию логических связей между модулями обработки необходимо выполнять на основе моделей групп симметрии.

Разработанный алгоритм позволяет формировать таблицы реконфигурации для систем, обладающих циклическими, диэдральными или тетраэдральными группами симметрий. Полученные таблицы должны храниться в памяти коммутатора-маршрутизатора и использоваться им при реконфигурации системы.

Разработка алгоритмов проверки правильности функционирования системы и определение достоверности таких проверок являются предметом дальнейших исследований.

Список литературы

1. Авиженис А., Отказоустойчивость – свойство, обеспечивающее постоянную работоспособность цифровых систем // ТИИЭР. – 1978. – №10 (т.66). – С. 5 – 25.
2. Sil'yanov N.V., Fault-tolerant on-board computers design problems // Modern informatization problems in the technological and telecommunication systems analysis and synthesis: Proceedings of the XXI International Open Science Conference. – Yelm, WA, USA. – Science Book Publishing House, 2016 – P. 283–288.
3. Сильянов Н.В., Ломакина Л.С., Вопросы разработки отказоустойчивой бортовой ЭВМ // Материалы XV Международной молодежной науч-

но-технической конференции «Будущее технической науки». – Н.Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2016 – С. 120.

4. Ларионов А.М. и др., Вычислительные комплексы, системы и сети. – Ленинград: –Энергоатомиздат. – 1987.

5. Горшков В.Н., Надежность оперативных запоминающих устройств ЭВМ. – Ленинград. – Энергоатомиздат. – 1987.

6. Каравай М.Ф., Инвариантно-групповой подход к исследованию к-отказоустойчивых структур // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 1. – С. 144-156.

7. Каравай М.Ф., Применение теории симметрии к анализу и синтезу отказоустойчивых систем // Автоматика и телемеханика. – 1996. – № 6. – С. 159 – 173.

8. Вейль Г., Симметрия. – М. – Наука. – 1969.

УДК 621.431.75

Нагорный Владимир Степанович¹,
доктор технических наук,
заслуженный деятель науки РФ, профессор,
Колодяжный Дмитрий Юрьевич²,
кандидат технических наук, доцент,
Саженок Николай Алексеевич³,
младший научный сотрудник

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ OPENFOAM РАСПАДА СТРУИ ЖИДКОСТИ В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАСПЫЛУ ТОПЛИВА В АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ¹nagorny.vladim@yandex.ru, ²kolod@mail.ru

Россия, Пермь, Пермский политехнический университет ³
sipam11@yandex.ru

Аннотация. Представлены возможности программного обеспечения «OpenFoam» для моделирования процесса распыла на основе решения модельной задачи по распылу струи воды в спутном воздушном потоке. Показано и рассмотрено конкретное применение технологии динамического измельчения сетки в процессе выполнения расчетов.

Ключевые слова: численная модель, струю жидкости, распад.

Vladimir S. Nagorniy¹

The Honored worker of a science of the Russian Federation, Doctor of
Technical Science, Professor,

Dmitry J. Kolodjzhnyj²

PhD in Technical Science, The senior lecturer

Nicolay A. Sagenkov³

The younger scientific employee

NUMERICAL MODELLING IN COMPUTING OPENFOAM ENVIRONMENT OF DISINTEGRATION OF THE JET OF THE LIQUID IN THE AIR STREAM WITH REFERENCE TO РАСПЫЛЪ FUEL IN AVIATION ENGINES

Russia, St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

¹nagorny.vladim@yandex.ru, ²kolod@mail.ru

Russia, Perm, The Perm polytechnical university

³sipam11@yandex.ru

Abstract. Opportunities of the software "OpenFoam" for modelling process распыла on the basis of the decision of a modelling problem on распылу are submitted to a jet of water in an air stream. Concrete application of technology of dynamic crushing of a grid is shown and considered during performance of calculations.

Key words: numerical model, a jet of a liquid, disintegration.

Правильное распыление и смешивание топлива и воздуха является критичным требованием для стабильности и эффективности процесса сгорания в камере сгорания авиационных двигателей [1-12].

Численное моделирование распыления в целом включает в себя моделирование образования струй жидкости, разделения струй на капли и отделения капель от струи в быстром потоке воздуха. Поэтому здесь есть несколько проблем для численного алгоритма.

Разделение струй – это сам по себе молекулярный процесс, и любой метод решения уравнений механики сплошной среды должен делать некоторые предположения, относящиеся к нему. Это, в частности, означает, что требования к размеру сетки очень жёсткие возле точки разделения, где размер сетки должен быть как минимум на порядок меньше, чем диаметр капли. С другой стороны, стандартный размер капли в распыляемых жидкостях – всего несколько микрон, тогда как топливная форсунка и сама исходная струя имеют миллиметровый масштаб, а канал впрыска ещё больше.

Для численного моделирования это означает, что исследуемые явления происходят в очень широком диапазоне пространственных и временных масштабов. Однако размер сетки нельзя сделать очень мелким повсюду, поскольку это слишком осложнит вычисления. Поэтому одна из возможностей преодолеть эту проблему – применение локального измельчения сетки, или адаптивного измельчения сетки (АИС). Однако при этом динамика системы меняется. Изменяются и свойства вычислительного пространства, изменяются диссипативные и волновые свойства применяемой конечно-разностной схемы. Поэтому, чтобы проверить, правильные ли результаты даёт вычислительный метод, например, правильное ли распределение капель по размеру, по-прежнему необходима экспериментальная проверка. При необходимости проводится настройка применяемого алгоритма применительно к исследуемому классу задач. Есть несколько методов моделирования многофазных потоков; однако, большое внимание для моделирования многофазного потока, в котором свободная поверхность может значительно менять форму, привлекли методы записи предполагаемого раздела фаз, а именно, объём жидкости (ОбЖ) и заданный уровень [13]. В авиационной отрасли широко применяются несколько промышленных программ, например, «Fluent» или «Flow3D», у каждой свои возможности и ограничения. Однако всё более широкое применение находит методология ОбЖ с открытым кодом под названием «interFoam» [14]. «interFoam» является частью пакета ПО с открытым кодом «OpenFoam», который содержит много программ решения и инструментов, необходимых для решения общих проблем вычислительной механики с помощью мощного кода и библиотек C++. В данной статье представлены результаты применения программного обеспечения «OpenFoam» для изучения модельной задачи по распылению струи воды в спутном воздушном потоке.

В рамках исследования процессов распыла следует подчеркнуть важность корректной оценки возможностей программного обеспечения «OpenFoam» по моделированию этих процессов. Его неоспоримым преимуществом по сравнению с коммерческими пакетами является полная открытость исходного кода программы. При необходимости имеется возможность вносить свои собственные модификации расчетного кода для более «тонкой» настройки применяемого расчетного метода к исследуемой проблеме.

Геометрия трехмерной расчетной области схематично представлена на рисунке 1, где изображены квадратная труба и круглый канал для подачи воды. Внутри квадратной трубы подается воздушный поток со скоростью 120,4 м/с (направление воздушного потока показано стрелками). Одновременно с потоком воздуха через круглый канал впрыскивается вода со скоростью 10,83 м/с. Свойства воды и воздуха, использо-

ванных при моделировании, а также размеры отверстия, через которое подается вода, приведены в таблице 1.

Для ускорения процесса численного моделирования выбраны следующие начальные условия:

- Начальная скорость внутри квадратной трубы – 120,4 м/с в x-направлении во всей расчетной области,
- Граница разделения первоначальной свободной поверхности (жидкость - воздух) находится на границе между прямоугольным воздушным каналом и каналом подачи воды.

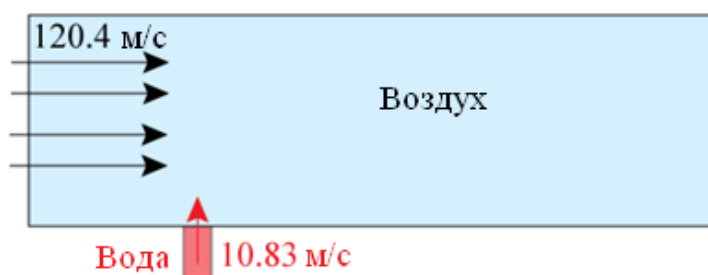


Рис. 1. Схема расчетной области.

Это было задано при помощи команды «setFields» в «OpenFoam», а начальные значения были указаны в файле «setFieldsDict». Другие важные параметры для моделирования потока даны в файлах

Таблица 1

Свойства воды и воздуха, использованных в моделировании:

Наименование	Значение
Плотность воздуха (кг/м^3)	1.225
Вязкость воздуха ($\text{Па}\cdot\text{с}$)	1.7894e-5
Плотность воды (кг/м^3)	998.2
Вязкость воды ($\text{Па}\cdot\text{с}$)	1.003e-3
Поверхностное натяжение (Н/м)	0.072
Скорость воздуха на входе (м/с)	120.4
Скорость струи на входе (м/с)	10.83
Диаметр отверстия подачи воды (мм)	1.3
Давление на выходе (Па)	101325

«fvSolution» и «fvSchemes», где указываются матричные решатели и схемы дискретизации. Выбор используемых числовых методов для модели-

рования в данной статье был использован по умолчанию. Таким образом использовались файлы «interFoam» по умолчанию, которые можно найти в программе «Dambreak» в каталоге «Tutorials» программного обеспечения «OpenFoam». Единственным изменением был выбор программы решения по давлению, где использовался «геометрический сборный алгебраический многосеточный» метод (GAMG). Эта программа решения была значительно быстрее, чем стандартная программа решения методом «сопряжённых градиентов с предобуславливанием».

Необходимо также уделить внимание дискретизации по времени. В любом моделировании с помощью «interFOAM» есть два числа Куранта, которые надо учитывать, а именно, число Куранта для «нормального» потока и число Куранта для свободной поверхности. Число Куранта для потока обычно зависит от размера сетки и скорости потока. Если пользователем не указано иное, числовой метод, используемый в «interFoam» для дискретизации по времени, является неявным, так что возможны потоки с числом Куранта больше единицы. Однако для числа Куранта для свободной поверхности необходимо учитывать и другие факторы. До версии 2.2 программного обеспечения «Open Foam» конкретная реализация ОБЖ была основана на явном методе, поэтому ограничение для числа Куранта было очень строгим. Рекомендованные максимальные значения обычно давались менее 0,1 или даже меньше [13], поэтому на весь временной шаг накладывалось жёсткое ограничение. Однако начиная с версии 2.3 «Open Foam», конкретная программа решения, используемая для метода ОБЖ, сделана неявной и поэтому, ограничение для числа Куранта сильно смягчилось, а сходимость стала намного лучше [14]. Для моделей с крупной сеткой было указано максимально допустимое число Куранта для потока 2,0, а число Куранта для поверхности ограничено единицей. Это означало, что временной шаг ограничен 0,2 микросекундами, при том, что ограничителем является число Куранта для потока.

Как уже упоминалось, большая разница в значимых масштабах делает модель с полностью измельчённой сеткой не очень практичной. Поэтому использовался метод локального измельчения сетки. Формат сетки в «OpenFoam» совершенно не структурирован и поддерживает возможности несколько видов динамических сеток. Для измельчения сетки реализован метод добавления/извлечения уровня ячеек и хорошо известный метод извлечения «октадереву». Это значит, что предоставляемые в настоящее время библиотеки «Open Foam» работают только для трёхмерных шестигранных сеток, однако программный код легко можно адаптировать для включения других топологических изменений.

Измельчение сетки методом октадрева работает при помощи файла, в котором указано, сколько разрезов выполняется на ячейку, поэтому этот метод работает как метод преобразования, преобразуя первоначальную сетку в измельчённую. Параллельная реализация этого вида измельчения очень проста, однако динамическое распределение нагрузки реализовать сложнее. Хотя файлы кода «Open Foam» предоставляют инструменты для этого, стандартная библиотека динамического измельчения сетки не включает в себя алгоритмов динамического распределения нагрузки. Это означает, что особенно при измельчениях многофазного потока, где сетка измельчается очень локально, получающееся в результате параллельное масштабирование очень плохое. Однако есть несколько способов оптимизировать масштабирование. Первый способ – разложить первоначальную крупную сетку на процессоры, чтобы измельчённая сетка распределялась на все процессоры. Это означает, что пользователь должен заранее предугадать окончательное измельчение сетки. Другой способ – перераспределять измельчённую сетку в автономном режиме каждые столько-то временных шагов. Это можно выполнить, например, при помощи сценария. Однако необходимо отметить, что оба метода не оптимальны при работе с большим числом папок процессора. При очень больших сценариях программный код «OpenFoam» необходимо адаптировать. На рисунке 2 показан пример сетки, локально измельчённой в 2 раза вокруг местоположения свободной поверхности.

Первые результаты численного моделирования показали, что существует сильное влияние применяемой «модели турбулентности» на характер получаемого решения. Слова модель турбулентности взяты в кавычки, поскольку речь идет о моделях LES (Large Eddy Simulation – модель больших вихрей) и UDNS (Unresolved Direct Numerical Simulation – прямое численное моделирование без сеточного разрешения всех масштабов).

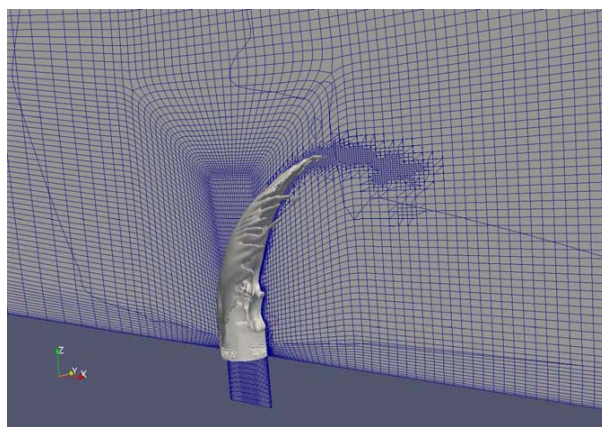


Рис. 2. пример локального измельчения сетки вокруг местоположения свободной поверхности.

В первом случае делается предположение, что все крупные вихри разрешаются напрямую, без какой-либо модели турбулентности, а пульсации, которые невозможно разрешить применяемой сеточной моделью, будут описаны какой-либо моделью подсеточных напряжений (например, широко известной моделью Смогоринского). Во втором случае делается попытка напрямую описать все турбулентные пульсации. В этом случае диссипативные свойства применяемой конечно-разностной схемы являются своего рода аналогом модели подсеточных напряжений модели больших вихрей. Если применяемая сеточная модель достаточно грубая, то при использовании первого подхода в некоторых случаях турбулентная вязкость, вызванная моделью подсеточных напряжений, будет складываться с вязкостью применяемой разностной схемы. В этом случае применение подхода больших вихрей будет давать завышенную вязкость потока.

Как известно скорость потока внутри трубы и взаимодействие с распыляемой жидкостью образуют турбулентный поток, а получающийся в результате распад жидкостных связей будет зависеть от локальной структуры поля скоростей. Однако размер сетки недостаточен для того, чтобы дать полное разрешение турбулентного потока. Исходя из этих фактов, наилучшим вариантом будет исследование потока моделированием по методу крупных вихрей. Однако как показало численное моделирование, полученные результаты показывают слишком высокую вязкость потока. Как было отмечено выше в данном случае турбулентная вязкость, вызванная моделью подсеточных напряжений, сложилась с вязкостью применяемой разностной схемы. В связи с этим было дополнительно выполнено численное моделирование на основе так

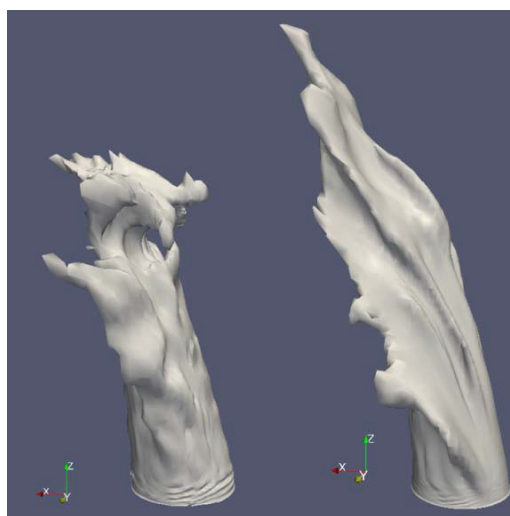


Рис. 3. Сравнение первоначального изгиба струи распыливаемой жидкости при использовании двух расчетных постановок – LES(слева) и UDNS(справа)

называемой «ламинарной» постановки (более точно на основе UDNS).

На рисунке 3 показано сравнение результатов численного моделирования первоначального изгиба распыливаемой струи полученных на основе применения двух постановок – LESи UDNS.

Результаты на рисунке 3 представлены в один и тот же момент времени. Как видно, форма деформируемой струи в обоих случаях существенно различна. Различия становятся ещё очевиднее при использовании более мелкой сетки. На рисунке 4 показано качественное сравнение результатов применения модели больших вихрей (LES) и результатов эксперимента при одних и тех же условиях, когда сетка измельчается в два раза. Результаты чётко показывают, что разрыв связей и процесс дробления капель происходит значительно более слабо. Как видно, результаты эксперимента показывают гораздо более быстрый разрыв связей на капли и их дальнейшее дробление.

На рисунках 5 и 6 показаны итоговые результаты численного моделирования и их сопоставление с имеющимися экспериментальными

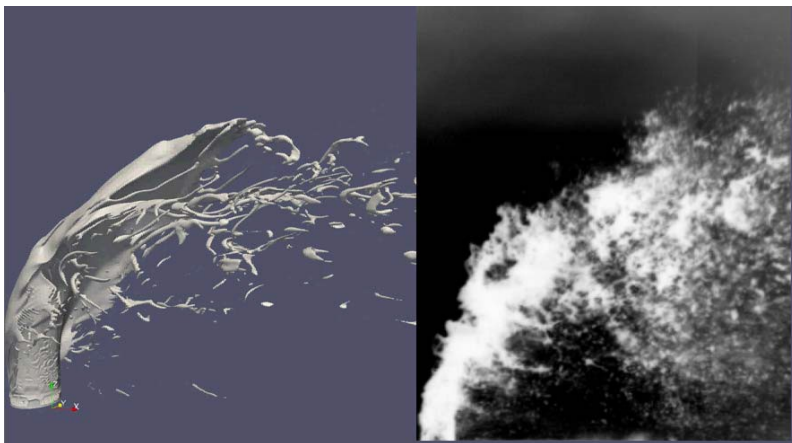


Рис. 4. Сравнение образования капель при распаде распыливаемой жидкости при измельчении сетки в два раза, при использовании подхода по моделированию крупных вихрей (слева). На фотографии справа показан результат эксперимента для сравнения.

данными. В частности, на основе экспериментальных данных определено осредненное по времени расположение верхней границы струи (зеленая кривая на рисунках 5 и 6) и изменение её расположения во времени, вызванное турбулентными пульсациями (красные кривые на рисунках 5 и 6). Как видно из рисунков получено хорошее соответствие между расчетными и экспериментальными данными. Особое внимание при этом следует обратить на соответствие по осредненному расположению верхней границы струи, поскольку мгновенные положения струи могут значительно отличаться друг от друга. Данные результаты были получены на основе UDNS подхода (Unresolved Direct Numerical Simulation – прямое численное моделирование без явного сеточного разрешения всех масштабов турбулентных пульсаций). Применялась также динамическая

адаптация сеточной модели, которая подстраивала сеточную модель к изменяющемуся во времени решению. В среднем, сеточная модель содержала порядка 4 млн. узлов

Результаты этого моделирования показали, что выбор модели турбулентности имеет большое влияние на процесс распыла и дробления капель. Полученные результаты в постановке UDNS хорошо согласуются с результатами натурного эксперимента, в особенности по наклону наружной границы струи. Важно отметить, существенное сокращение времени численного моделирования за счет процесса динамического дробления сеточной модели. Вместе с тем, следует обратить внимание на эффективное распределение расчетной нагрузки между ядрами вычислительной системы, поскольку по умолчанию, за счет динамического измельчения сетки, данная нагрузка может

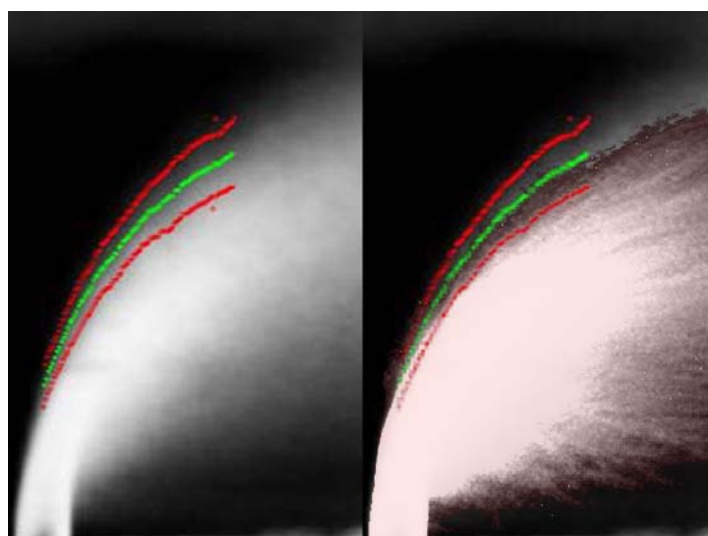


Рис. 5. Осредненное по времени распределение жидкой фракции и положение верхней границы струи (эксперимент – слева, результаты расчета – справа).

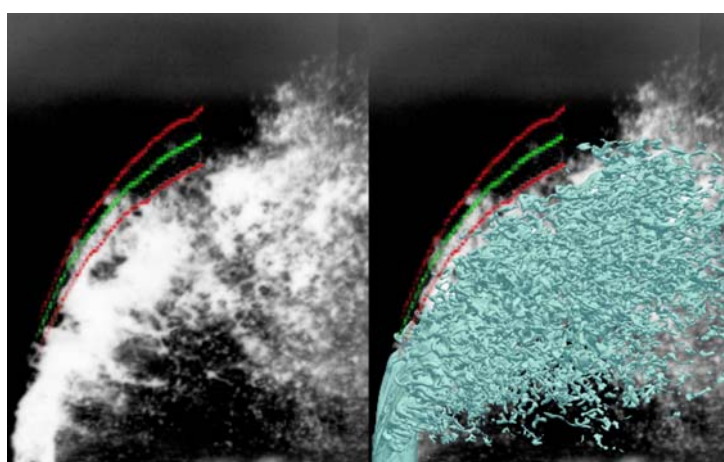


Рис. 6. Мгновенное распределение жидкости и осредненное по времени положение верхней границы струи (эксперимент – слева, расчет – справа).

постепенно распределиться неоптимальным образом.

В целом программное обеспечение OpenFoam является полезным инструментом для моделирования процесса распыления жидкости, которое позволяет получать результаты, не уступающие результатам известных коммерческих пакетов.

Как видно из результатов численного моделирования, размерность сеточной модели существенным образом влияет на получаемые результаты. Таким образом, при решении конкретной задачи следует прежде всего проверить достаточность сеточной модели для описания исследуемого процесса. Также на результат численного моделирования влияет применяемая постановка по моделированию турбулентных пульсаций. В данном случае наилучшие результаты были получены при использовании UDNS подхода.

Данные прикладные научные исследования (ПНИ) проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России. Уникальный идентификатор ПНИ REMEF157714X0087.

Список литературы

1. Nagorniy V. S., Smirnovsky A. A., Tchernysheff A. S. , Kolodyazhny D. Yu. Numerical simulation of the flow in the fuel injector in the sharply inhomogeneous electric field // Procedia Computer Science, volume 51, 2015. P. 1219-1228.
2. Nagorniy V.S., Smirnovsky A.A., Kolodyazhny D.Yu., Chemyshev A.S. Charge transfer in a sharply nonuniform electric field mediated by swirling liquid flow with minimal hydraulic resistance // Technical Physics Letters. 2015. T. 41. № 4. С. 859-862.
3. Kolodyazhny D.Yu., Nagorniy V.S. Experimental study of the influence of electric field on parameters of kerosene-air mixture combustion // Russian Aeronautics. 2015. T 58. № 4. С. 438-442.
4. Kolodyazhny D.Yu., Nagorniy V.S. Electric Charge Imposition on Hydrocarbon Fuel Drops in Sharply Inhomogeneous Electric Field of Injector Modules // Russian Aeronautics. ,2016. Vol. 59. № 3, P. 402 – 407.
5. Modorskii V.Ya., Sipatov A.M., Babushkina A.V., Kolodyazhny D.Yu and Nagorny V.S. Modeling Technique for the Process of liquid film disintegration // International Conference on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR 2016). AIP Conference Proceedings, 2016. P. 030109-1 – 030109-7.
6. Kolodjachniy D.Ju., Nagorniy V.S. Influence of an electric field on dispersion of fuel by an atomizer of an aircraft engine // Nonequilibrium processes in physics and chemistry. Vol. 1. Plasma, clusters, and atmosphere /. – Moscow: TORUS PRESS, 2016. – P. 223 – 231.
7. Vojnov I.B., Kolodjashnyj D.J., Nagorniy V.S. Computational modelling of conjugate heat transfer in the fuel atomizer with two-phase flow of fuel - air mixture // Nonequilibrium processes in physics and chemistry. Vol. 2. Combustion and Detonation/. – Moscow: TORUS PRESS, 2016. – P. 181–185

8. Колодяжный Д.Ю., Нагорный В.С. Экспериментальные исследования влияния электрического поля на скорость продуктов сгорания керосино-воздушной смеси // Вестник Московского авиационного института, 2016, Т. 23, № 1. С. 56 – 66.
9. Колодяжный Д.Ю., Нагорный В.С., Смирновский А.А. К вопросу о влиянии электрического заряда на поверхностное натяжение капель топлива на выходе форсунки // Вестник Московского авиационного института, 2016, Т. 23, № 4. С. 59 – 68.
10. Колодяжный Д.Ю., Нагорный В.С. Влияние электрического поля на распределение температуры продуктов сгорания керосино-воздушной смеси // Вестник Московского авиационного института, 2017, Т. 24, № 1. С. 57 – 62.
11. Нагорный В.С., Войнов И.Б., Колодяжный Д.Ю. Численное моделирование электрогидродинамических процессов воздействия резко неоднородных электрических полей на топливо // Современное машиностроение: наука и образование (ММЕСЕ-2016). Материалы 5-й Международной научно-практической конференции. 30.05. – 01.07.2016 г. СПб.: Изд-во Политехнического университета. С. 1357 – 1366.
12. Нагорный В.С. Электрогазо- и электрогидродинамическое управление струями и потоками газа и жидкости. 1. Физико-математические основы // ПМТФ. 2000. т. 41. № 2. С. 25-31.
13. Osher S and Sethian J 1988 Fronts propagating with curvature dependent speed: algorithms based on Hamilton–Jacobi formulations J. Comput. Phys. 79. P. 12–49.
14. Suraj S Deshpande, Lakshman Anumolu and Mario F Trujillo, Evaluating the performance of the two-phase flow solver interFoam, Computational Science & Discovery 5 (2012) 014016 -36 p.

УДК 004.896::658.512.26

*Похилько Александр Федорович,
канд. техн. наук, доцент
Цыганков Денис Эдуардович,
аспирант*

ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЯ НАБОРОМ СМЫСЛОВЫХ МАКРООБЪЕКТОВ В CAD-СИСТЕМЕ

г. Ульяновск, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», afp@ulstu.ru

Аннотация. В работе рассматривается способ достижения наибольшей информативности 3D-модели на этапе технического проектирования за счет отображения структуры проектируемого изделия в дереве построения его 3D-модели. Такой подход основан на смысловом обоб-

щении базовых операций CAD-системы до уровня макрообъекта, позволяющем формировать 3D-модель, оперируя терминами и понятиями, актуальными в предметной области проектируемого изделия.

Ключевые слова: конструирование, 3D-модель изделия, конструкторская структура изделия, CAD-система, дерево построения, геометрия модели, смысловая наполненность.

UDK 004.896::658.512.26

Pokhilko Alexander Fedorovich,
Ph.D., Associate Professor,
Tsygankov Denis Eduardovich,
Post-graduate Student

DESIGNED PRODUCT CONSTRUCTION STRUCTURE FORMATION IN THE CAD-SYSTEM BY A SEMANTIC MACRO-OBJECTS SET

Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University, afp@ulstu.ru

Abstract. This article is about way to achieve the greatest informativeness of the 3D-model at the stage of technical design by mapping the structure of the projected product in the tree of building its 3D model. This approach is based on a semantic generalization of the basic operations of the CAD system to the level of a macro-object, allowing form a 3D-model, using terms and concepts relevant in the subject area of the designed product.

Keywords: construction design, 3D-model, construction structure, CAD-systems, creation tree, semantic content.

Развитие САХ-систем под эгидой методологии Concurrent Engineering (CE) упрочнило [1] положение 3D-моделей в жизненном цикле изделия (ЖЦИ) [2,3], прежде всего, на стадии опытно-конструкторских работ (ОКР) [4], вследствие чего, последние являются **отображением** изделия в плане его конструкции – важнейшей проектной информации на этапе технического проектирования. *Конструкция изделия*, отображается в CAD-системах следующим образом:

$$CAD : \text{Констр.}(\text{Изд.}) \rightarrow \text{Мод.}_{\text{Изд.}}^{3D}, \quad (1)$$

где $\text{Мод.}_{\text{Изд.}}^{3D}$, $\text{Констр.}(\text{Изд.})$ – 3D-модель проектируемого изделия и его конструкция соответственно.

В CAD-системах 3D-модель является «следствием» выполнения базовых операций (БО) [5], упорядоченных в «дерево построения» [6] – линейную последовательность взаимосвязанных БО, тогда:

$$CAD : \bigcup_{i=1}^n BO_i \rightarrow Mod.^{3D}_{Изд.}, \quad (2)$$

где символ «*объединение*» означает последовательность выполнения БО, формирующую проектный маршрут в виде упорядоченного набора БО, обеспечивающего построение конкретной 3D-модели.

Информативность 3D-модели на этапе ОКР заключается в отображении его конструкции, что является основной задачей CAD-системы, т.к. проектное решение в виде 3D-модели изделия обладает законченной конструкцией, т.е. $Mod.^{3D}_{Изд.} = Констр.(Изд.)$. При этом, проектные данные, отображаемые 3D-моделью, содержатся именно в БО [5], составляющих ее структуру – дерево построения 3D-модели:

$$Дер.^{3D}_{Изд.} : \bigcup_{i=1}^n BO_i \rightarrow Констр.(Изд.). \quad (3)$$

где $Дер.^{3D}_{Изд.}$ – дерево построения 3D-модели проектируемого изделия.

Наибольшая информативность 3D-модели может обеспечиваться отображением функциональной структуры изделия (ФСИ), которую Национальный стандарт Российской Федерации [7] определяет как «структуру, состоящую из элементов, описывающих функции – *функциональных элементов (ФЭ)*, и связей между ними ...».

К таким ФЭ, согласно [8] относятся:

- *Рабочие элементы (РЭ)*, выполняющие регламентированные функции;
- *Базовые элементы (БЭ)*, обеспечивающие координацию изделия относительно других изделий в процессе сопряжения;
- *Соединительные элементы (СЭ)*, служащие для материальной связи рабочих и базовых элементов друг с другом;
- *Технологические элементы (ТЭ)*, реализуемые технологический процесс изготовления изделия и его последующей сборки.

Каждый ФЭ однозначно верно воспринимается в плане его смысловой наполненности [5], актуальной в предметной области проектируемого изделия. На основе физического смысла выделяются атрибуты ФЭ [9], определяющие его 3D-геометрию.

Дерево построения 3D-модели согласно (3) содержит набор БО без соответствия вида $\{BO_i\}_n \rightarrow \{\Phi Э_j\}_m$, т.е. для конструктора (как пользователя) такое дерево является лишь абстракцией, имеющей смысл исключительно внутри CAD-системы [10].

Структурное соответствие между функциональной структурой изделия и 3D-модели, в виде биективного отображением изделия (как набора ФЭ) деревом построения 3D-модели, которое может быть представлено следующим образом:

$$Дер.^{3D}_{Изд.} = \{M_k \Phi_i \mid M_k \Phi_g \rightarrow \Phi Э_g\}, g = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где n – количество ФЭ в проектируемом изделии, $МкОб$ – семантический макрообъект – это комплексная процедура построения 3D-образа соответствующего ФЭ изделия, определяемая как:

$$МкОб_i = \bigcup_{j=1}^m БО_j, \quad (5)$$

т.е. $МкОб$ – это последовательность упорядоченно выполняющихся БО, формирующих на основе операций САД-системы результирующий 3D-образ ФЭ. Обобщение БО основано на смысловой ориентации результата выполнения $МкОб$.

Основная идея метода структурного соответствия заключается в *информационно-смысловом обобщении* базовых операций САД-системы в соответствии с (5) до уровня **семантического макрообъекта** ($МкОб$). $МкОб$ обеспечивает построение 3D-образа ФЭ, с четким смысловым соответствием $МкОб \rightarrow ФЭ$, а это позволяет перейти от оперирования абстрактными БО в процессе конструирования к реальным смысловым единицам, формирую структуру изделия для его однозначно верного восприятия.

Схема предлагаемого метода отображению функциональной структуры проектируемого изделия в дереве построения его 3D-модели представлена на рисунке 1.

Обобщение базовых операций САД-системы до уровня смысловых макрообъектов в дереве построения 3D-модели изделия, повышает информативность всей 3D-модели на этапе конструкторского проектирования. Это достигается за счет отображения функциональной структуры изделия как систему параметров и атрибутов, ее характеризующими, а также возможности управлять 3D-моделью посредством обращения к соответствующим макрообъектам, оперируя терминами и понятиями, актуальной в предметной области проектируемого изделия, то есть на профессиональном языке инженера.

Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант №16-47-732138.

Список литературы

1. Tsygankov, D. et al. The Design Process Structural & Logical Representation in the Concurrent Engineering Infocommunication Environment, R. Curran et al. (eds.) Transdisciplinary Lifecycle Analysis of Systems – Proceedings of the 22nd ISPE Inc. International Conference on Concurrent Engineering, July 20-23, 2015, IOS Press, Amsterdam, 2015, pp. 595-602.

2. Ахтулов, А.Л. Задачи геометрического моделирования в создании систем автоматизации конструирования обводообразующих поверхностей сложных объектов / А.Л. Ахтулов, Л.Н. Ахтулова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2011. № 22. С. 43-47.

3. Калинин, В.И. Применение шаблонов Knowledge based Engineering в САПР CATIA V5 для моделирования сотовых панелей / В.И. Калинин, М.В. Лихачев // Решетневские чтения. 2015. Т. 2. № 19. С. 220-222.

4. *Антипин, А.В.* Интеграция САПР при конструировании электронной аппаратуры / *А.В. Антипин, Е.Е. Носкова* // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2013. Т. 1. № 9. С. 192.

5. *Цыганков, Д.Э.* Представление процесса проектирования на базе обобщения элементарных операций до уровня семантических единиц / *Д.Э. Цыганков, А.Ф. Похилько* // Автоматизация процессов управления. 2015. № 3 (41). С. 81-88.

6. *Hamilton P.* Азбука технологий моделирования в MCAD-системах. Ч. III. Как технологии MCAD влияют на процесс разработки изделия / *P. Hamilton* // CAD/CAM/CAE Observer. 2008. № 2. С. 34-36.

7. ГОСТ Р 53394-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2010. 24 с.

8. *Латыев, С.М.* Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие / *С.М. Латыев*. СПб.: Политехника, 2007. 579 с.

9. *Цыганков, Д.Э.* Представление проектируемого изделия системой структурно-функциональных элементов / *Д.Э. Цыганков, А.Ф. Похилько* // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем: сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ. С. 250-252.

10. *Ушаков, Д.М.* Вариационное прямое моделирование – революционная парадигма для 3D [Электронный ресурс] / *Д.М. Ушаков* / isicad :: Ваше окно в мир САПР [Сайт]. – Режим доступа: URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16569

УДК 004.855

Белоусов Вадим Евгеньевич

канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой автоматизации
технологических процессов и производств

Димёхин Артём Викторович,

Игошкина Анастасия Ивановна

студенты

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗМЫТОЙ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

г.Воронеж, Воронежский государственный технический университет,
science2000@ya.ru

Аннотация. Предложен метод для итеративного определения образов, с поэтапным изучением пространства характеристик. Для решения задачи локализации дефектов предложено применять диагностические функции той же подсистемы и рассматривать следующую ступень анализа размытой топологической схемы.

Ключевые слова. Метод вариант, надежность, ремонт, система.

Vadim Belousov
PhD, docent, VSTU
Artyom Dimyohin,
Anastasiya Igoshkina
Students

METHOD TO SET THE CHARACTERISTICS OF THE CONSTRUCTION CREATION CONSTRUCTION OF HEAT SUPPLY FACILITIES

Voronezh, Voronezh State Technical University, science2000@ya.ru

Abstract. Using the proposed method, it is possible to solve the problem of the definition of images by the iterative method, step by step learning tutorial order space characteristics. To resolve the problem of localization of defects should apply diagnostic functions of the subsystems and to consider the next stage of analysis fuzzy topology.

Keywords. Method variant, reliability, repair, system.

Система разработки ремонта производственных объектов относится к классу сложных и характеризуется большим числом элементов, у которых трудно точно анализировать отношения, существующие между ними, а поэтому их влияние становится, как правило, размытым. Предлагается для исследования и идентификации условий системы подготовки ремонта использовать размытую модель.

В данной работе в качестве модели рассматривается размытая топологическая модель в виде размытого графа $G(X, M, \Gamma, \Gamma_i)$, где: X – множество параметров, M – размытое множество оптимально измеряемых параметров, Γ – отношение между параметрами, Γ_i – оптимальное отображение изменения одного параметра в другом. Для рассматриваемых систем тяжело сразу выявить оптимальное множество диагностических параметров. Поэтому предлагается постепенное определение оптимального множества диагностических параметров.

В размытом графе $G(X, M, \Gamma, \Gamma_i)$ устанавливается матрица размытых отношений между параметрами и дефектами D , т.е. уровень отображения дефекта в параметре. Под дефектами понимается несоответствие значений параметров заранее установленным нормам. Для определения степени отображения j - того дефекта в параметре X_k $\mu_{r_0}(d_j, x_k)$ используется формула [1]:

$$\mu_{r_0}(d_j, x_k) = \max_i [\mu_{r_0}(x_j, x_j) \cdot \mu_{r_0}(x_j, x_i) \cdot \mu_{r_0}(x_i, x_{i+1}) \cdot \dots \cdot \mu_{r_0}(x_{k-1}, x_k)],$$

где: $\mu_{r_0}(x_j, x_j)$ - степень отображения дефекта в структурном параметре, $\mu_{r_0}(x_j, x_i)$ - степень отображения параметра x_j в параметре $x_i, x_{i+1}, \dots, x_k$

– параметры в пути от дефекта d_j до параметра x_k : $j = 1, 2, \dots, m$, m – число дефектов, $k = 1, 2, \dots, n$, n – число параметров.

Рассматривая различные уровни значимости отображения дефекта в параметре, можно определить на множестве $D \times X$ неразмытое множество R_α уровней в $[0, 1]$, которые можно назвать как:

$$R_\alpha \{ (d, x) \mid \mu_{r_0}(a, x) \geq \alpha \}.$$

Используя уровень α значимости отображения дефекта в параметре, целесообразно выделить подмножество дефектов, которые отображаются в одном и том же параметре. Низший уровень α значимости отображения дефектов в параметрах выбирается для определения диагностических параметров исправности системы. Для анализа низшего уровня значимости α пользуются операцией растяжения.

$$DIL(\alpha) = \alpha^{0,5}$$

Учитываются уровни значимости отображения дефектов в параметрах, начиная с тех, у которых $DIL(\alpha) \geq 0,5$. Повышая уровень α значимости отображения дефектов в параметрах, по методике [2] определяются диагностические параметры локализации дефектов.

Уровень α увеличивается до необходимой глубины диагностирования.

Для диагностирования сложного объекта надо исследовать связи между диагностическими параметрами. Связь между ними определяется аналогично связи между дефектами и диагностическими параметрами:

$$\mu_{r_0}(x_j, x_k) = \max_i [\mu_{r_0}(x_j, x_i) \cdot \mu_{r_0}(x_i, x_{i+1}) \cdot \dots \cdot \mu_{r_0}(x_{k-1}, x_k)],$$

где $x_i, x_{i+1}, \dots, x_k$ – параметры в пути графа от диагностического параметра x_j до диагностического параметра x_k , $\mu_{r_0}(x_j, x_k)$ – степень отображения параметра x_j в x_k .

Если связь между диагностическими параметрами незначительная, то есть $DIL[\mu_{r_0}(x_j, x_k)] \leq 0,5$, то по значениям диагностического параметра можно определить имеется какой-либо дефект в подгруппе или нет. Если $DIL[\mu_{r_0}(x_j, x_k)] \geq 0,5$, то необходимо решать задачу распознавания образов.

Для решения этой задачи необходимо выполнить следующие шаги.

Шаг 1. По m -мерному пространству обучающей последовательности диагностических параметров P находим максимальное расстояние между множеством точек W_1 класса 1 и множеством точек W_2 класса 2 определяя зову разделимости или неразделимости. W_1 определяет состояние какой-то подсистемы, W_2 определяет состояние другой подсистемы [3].

Шаг 2. Если максимальное расстояние между классами отрицательное, то необходимо увеличить число диагностических параметров рассматривая диагностические параметры следующего уровня.

Шаг 3. Для нахождения степени неисправности подсистемы, которая классифицирована как неисправная, строятся четыре гиперплоскости, характеризующие состояние подсистемы:

$$\wedge P = \vee - \lambda, \quad \wedge P = \vee + \bar{\lambda}, \quad \wedge_1 P = \vee - \lambda_1, \quad \wedge_1 P = \vee + \bar{\lambda}_1$$

при условиях:

$$\wedge P_j \geq \vee + \bar{\lambda}, \quad \text{если } j \in W_2, \quad \wedge P_j \leq \vee - \lambda, \quad \text{если } j \in W_1;$$

$$\wedge_1 P_j \geq \vee - \lambda_1, \quad \text{если } j \in W_1, \quad \wedge_1 P_j \leq \vee + \bar{\lambda}_1, \quad \text{если } j \in W_2;$$

где: $\wedge, \wedge_1$ – векторы коэффициентов гиперплоскостей, $\vee$ – порог, W_1 – множество точек обучающей последовательности или нормального состояния подсистемы (класс 1), W_2 – множество точек обучающей последовательности неисправного состояния (класс 2), $(\bar{\lambda} + \lambda) / |\wedge|$ – расстояние между полупространствами точек обучающей последовательности класса 1 и класса 2, $(\bar{\lambda}_1 + \lambda_1) / |\wedge_1|$ – определяет область нахождения точек обучающей последовательности класса 1 и класса 2. После нормировки коэффициентов гиперплоскостей можно решать задачу линейного программирования $\max(\lambda^1 + \bar{\lambda}^1)$ при условиях:

$$\wedge_1 P_j^* \leq 1 - \lambda^1, \quad j \in W_1, \quad \wedge_1 P_j^* \geq 1 + \bar{\lambda}^1, \quad j \in W_2$$

и задачу $\max(\lambda^1 + \bar{\lambda}^1)$ при условиях:

$$\wedge_1 P_j^* \leq 1 - \lambda^1, \quad j \in W_1, \quad \wedge_1 P_j^* \geq 1 + \bar{\lambda}^1, \quad j \in W_2.$$

Находится область расположения точек обучающей последовательности, исследуя которую можно определить степень неисправности подсистемы. Расстояние h_1 характеризует переход состояния подсистемы от нормального до полностью неисправного.

Шаг 4. Проверяется вектор P_j рассматриваемого состояния.

Если он находится вблизи $\vee - \lambda_1$ – то степень принадлежности

неисправному состоянию 0, если вблизи $\vee + \bar{\lambda}_1$, то степень принадлежности неисправному состоянию — 1, если вблизи $\vee$ – то 0,5.

Используя данный алгоритм, можно решать задачу распознавания образов итеративным способом, постепенно рассматривая обучающую

последовательность пространства параметров. Для решения задачи локализации дефектов необходимо рассматривать следующий уровень анализа размытой топологической модели и использовать диагностические параметры подсистемы, которая классифицирована как неисправная для улучшения описания класса неисправности и локализации дефектов. Решая задачу распознавания образов, определяем состояние сложного объекта.

Список литературы

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для студ. Вузов. – 9-е изд., стер / Е.С. Вентцель. // – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 576.
2. Воронов А.А. Исследование операций и управление. М.: Наука, 1970. – 128 с.
3. Десятирикова Е.Н., Белоусов В.Е. Модель ценности информационного ресурса системы управления экономической системой. Вестник Воронежского государственного университета. №2, 2012г.

УДК 681.51

Десятирикова Елена Николаевна,
д-р. экон. наук, профессор,
профессор кафедры АТПиП
Нуриев Олег Арсланович,
Курдюков Виталий Алексеевич
студент

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ С ЗАДАНЫМ АЛГОРИТМОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

г.Воронеж, Воронежский государственный технический университет,
science2000@ya.ru

Аннотация: Основная направленность статьи – это решение задачи управления технологическим процессом, её целей, обеспечивающих качество изделий путем намеренного изменения режимов работы оборудования и всех подсистем в его составе. Разработан алгоритм математических моделей ОУ и внешних воздействий, закон управления, нашедший применение в системе.

Ключевые слова: эффективность технологического процесса, режимы работы, алгоритм функционирования, модель внешних воздействий, критерий качества.

Elena Desyatirikova,
Dr. of Economics Science, Professor
Oleg Nuryev,
Vitaly Kurdyukov,
Students

DESIGNING SYSTEMS WITH THE FULL DESCRIPTION OF THE FUNCTIONING ALGORITHM

Voronezh, Voronezh State Technical University, science2000@ya.ru

Annotation: The main thrust of the article is the solution of the problem management process, its goals, ensuring quality of products by deliberate modification of the operation of the equipment and all subsystems in its composition. The algorithm of mathematical models of OU and external influences, the control law, which was used in the system.

Keywords: the efficiency of the process, modes of operation, algorithm of functioning of model of external influences, the criterion of quality.

На сегодняшний день особое внимание уделяется эффективности управления процессом. Наилучшим показателем этого является качество изделий, что определяет потребительские свойства конечного результата. Поэтому необходимо рассмотреть ряд факторов, влияющих на качество продукции. Качество изделий, характеризующееся специально вводимыми показателями, является объективной оценкой эффективности управления процессом [1].

В результате многочисленных факторов, связанных со свойствами основных и вспомогательных материалов, формируется случайная функция, отображающая качество технологического процесса. Задача системы управления (СУ) в этих условиях – поддержание показателей случайной функции, гарантирующих качество конечного продукта. Целью задачи управления является обеспечение качества изделий путем направленного изменения режимов работы оборудования и всех его подсистем.

Для формализации задач и классификации алгоритмов управления воспользуемся обобщенной моделью СУ (см. рис. 1).

Обобщенная модель системы управления разделяет элементы СУ и внешнюю среду – вектор $y_{\text{ж}}(t)$ и условия, характеризующие выполнение технологического процесса $\psi(t)$.

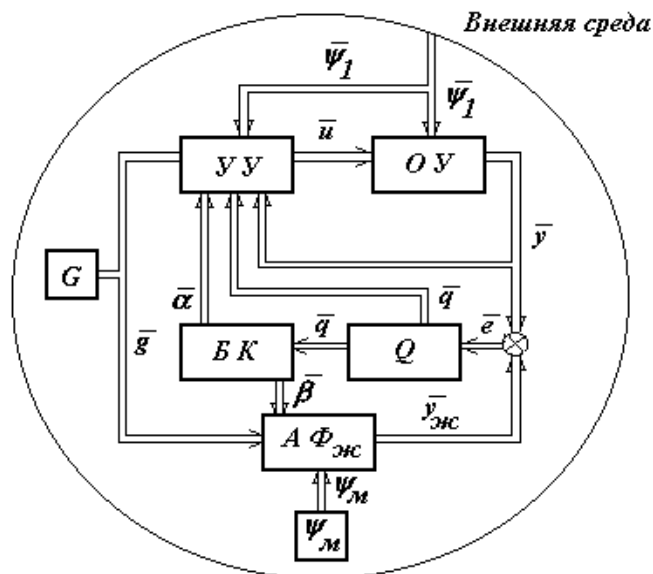


Рис. 1. Обобщенная модель системы управления

Чтобы поставить задачи управления оборудованием, вводится понятие желаемого алгоритма функционирования (АФ_ж), под которым будем понимать правила получения $y_{ж}(T)$ путем выбора вектора $g(t)$ такого, что при любых допустимых возмущениях $\xi(t) \in \psi_m(t)$ критерий качества Q принимает экстремальное значение, а вектор допустимых по технологии значений состояний объекта управления (ОУ) u_d включает и вектор желаемого состояния: $y_{ж}(T) \in u_d$. При этом полагаем, что T - время окончания технологического цикла, а $t \in [t_0, T]$.

Связь управления $g(t)$ и переменных состояния ОУ описаны уравнением $dx/dt = f(x, g, t)$. Задача получения оптимальной программы сводится к определению вектор-функций $g(t)$ и $x(t)$.

Алгоритм АФ_ж зависит от решаемой задачи и может быть алгебраической функцией, которая устанавливает масштабное или функциональное соответствие между желаемым значением $y_{жи}$ и g_i .

Механизмы, имеющие конечное число состояний, обеспечивают управление оборудованием пусковых и рабочих режимов.

Задача управления – это выполнение оптимальной программы при нарушениях, вызванных отклонениями в переменных процесса или допущениями при построении модели системы.

Рассмотрим различные варианты взаимодействия ОУ, устройства управления (УУ), блока вычисления критерия качества Q и блока коррекции (БК) (см. рис. 1). Взаимодействие блоков осуществляется помощью сигналов:

$\psi(t)$ – вектора внешних воздействий, включающего в себя вектор $\psi_1(t)$ составляющих, доступных измерениям;

$u(t)$ - вектора управляющих воздействий, вырабатываемых устройством управления;

$y(t)$ - вектора результатов управления или целей, достигаемых при осуществлении технологического процесса;

$q(t)$ - вектора оценок качества работы СУ;

$G(t)$ - вектора настроек устройства управления;

$\alpha(t)$ - вектора изменения параметров устройства управления;

$\beta(t)$ - вектора изменения параметров модели процесса.

Принцип построения устройства управления основан на минимизации некоторых функций разности между желаемой целью и полученным результатом: $y_{ж}(t)-y(t)=e(t)$.

Погрешность используется в составе алгоритма управления для замкнутых систем или для оценки качества управления в разомкнутых системах.

В табл.1 приведена классификация алгоритмов управления с использованием в качестве признаков введенные выше сигналы.

Анализ таблицы показывает, что часть систем (четыре первые типа) не используют в алгоритме информацию о желаемом значении вектора цели $y_{ж}(t)$, а довольствуются его эквивалентом в виде задающего воздействия $g(t)$. При этом оценка качества $q(t)$ используется лишь для суждения о качестве работы и тем самым носит пассивный характер.

Таблица 1. Классификация принципов управления

Вид управления	Описание	Сигналы (информация)				
		g	ψ_l	y	q	$y_{ж}$
Разомкнутый	$u = F(g)$	+	-	-	-	-
По возмущению	$u = F(g, \psi_l)$	+	+	-	-	-
По отклонению	$u = F(g, y)$	+	-	+	-	-
Комбинированный	$u = F(g, y, \psi_l)$	+	+	+	-	-
Экстремальный	$u = F(q, y)$	-	-	+	+	-
Оптимальный	$u = F(g, y, q, y_{ж})$	+	-	+	+	+
Непрямой адаптивный	$u = F(g, y, y_{ж})$ $\alpha = F(q, y, \psi)$	+	+	+	+	+
Прямой адаптивный	$u = F(g, y, y_{ж})$ $\alpha = F(q, y, \psi)$ $\beta = F(q, y, \psi_l)$	+	+	+	+	+

Алгоритм экстремальных систем управления ставит цель получения экстремума q .

Выбирая принцип управления, мы должны руководствоваться функциями системы и достоверной информации.

Итак, разобравшись в структурной схеме обобщенной модели системы управления и рассмотрев задачи и цели, приходим к выводу, что на качество изделий влияют многочисленные факторы, сложенный режим работы, действенность технологического оборудования, а также грамотное и умелое руководство всем технологическим процессом.

Список литературы

1. Волков В.Д. и др. Теория автоматического управления: учебник / Волков В.Д., Шашкин А.И., Смольянинов А.В., Десятирикова Е.Н. // Воронеж. – Изд-во: Научная книга. – 2015. -748 с.

УДК 62-54

Смольянинов Андрей Викторович

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры АТПиП

Сакулина Анастасия Юрьевна,

Козьяков Владислав Борисович

студенты

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТИ

Воронеж, Воронежский государственный технический университет,
a.v.smolyaninov@yandex.ru

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы, связанные с моделированием процессов, протекающих в системах автоматического регулирования, включающих в себя ИМ постоянной скорости. Особое внимание уделяется влиянию импульсного характера регулирования на показатели качества во временной области.

Ключевые слова: исполнительный механизм, импульсное регулирование, моделирование, скважность, управляющее воздействие.

Andrey Smolyaninov

Ph.D., Associate Professor

Anastasia Sakulina,

Vladislav Kozyakov

Students

SIMULATION OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS WITH A CONSTANT SPEED ACTUATOR

Voronezh, Voronezh State Technical University, a.v.smolyaninov@yandex.ru

Abstract: The article describes simulation of the processes, occurring in the automatic control systems, which include a constant speed actuator. Special attention is given to the effect of the pulsed nature of regulation on quality indicators in the time domain.

Keywords: actuator, sampled-data control, simulation, porosity, stimulus.

Возрастающие требования потребителей к качеству приобретаемых товаров требуют непрерывного совершенствования систем их производства, что, помимо улучшения потенциальных возможностей самого технологического оборудования, может быть достигнуто за счет уменьшения допустимых отклонений технологических координат от заданных технологическим регламентом значений. Последнее достигается внедрением в производственный процесс высокоточных систем автоматического регулирования, в задачи которых, как правило, входит стабилизация технологических координат на заданном уровне. Ужесточение требований к допустимым отклонениям практически исключает использование релейных законов регулирования и требует применения устройств позволяющих плавно изменять поток энергоносителя к объекту, т. е. использование исполнительных механизмов (ИМ) с регулируемой частотой вращения. Это приводит к необходимости применения частотных преобразователей, что удорожает систему, как при ее создании, так и при эксплуатации. Вместе с тем, следует отметить, что ввиду малой мощности электродвигателей диапазон регулирования частоты вращения, при сохранении постоянного момента на валу ИМ оказывается незначительным. Второй способ, обеспечения плавности изменения потока энергоносителя к объекту, заключается в управлении средней скоростью перемещения вала ИМ, что иллюстрируется рис. 1.

В соответствии с рис.1 средняя скорость перемещения вала ИМ (V_{cp}) будет равна:

$$V_{cp} = tg(\beta) = \frac{t_u V_0}{T} = \gamma V_0, \quad (1)$$

где V_0 – максимальная скорость перемещения вала ИМ, t_u – время импульса, T – период, γ – скважность. [1]

Таким образом, в соответствии с (1), изменяя скважность импульсов, удается плавно изменять поток энергоносителя, подводимый к объекту регулирования. Однако, импульсный характер регулирования, при неправильном выборе периода и максимальной скорости перемещения

вала ИМ может приводить к существенным отклонениям реализуемых системой показателей качества регулирования, по отношению к расчетным, полученным путем моделирования аналоговой системы. Именно по этому, уже на этапе проектирования, необходимо осуществлять моделирование процессов с учетом особенностей, вносимых в систему импульсным характером формирования управляющего воздействия и нелинейностями ИМ.

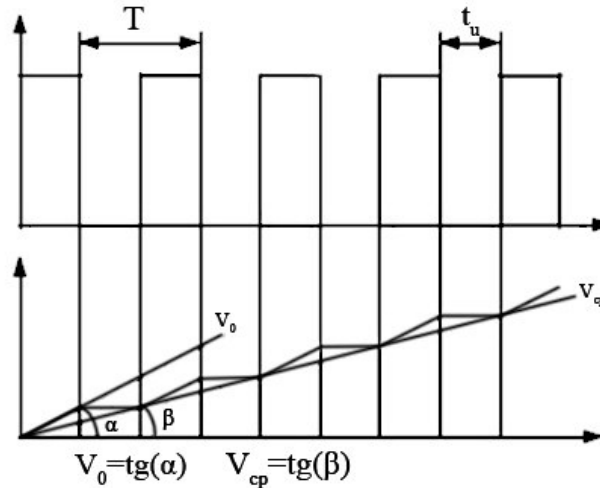


Рис.1. Управление средней скоростью перемещения вала ИМ.

Рассмотрим процесс моделирования управляющего воздействия на примере пропорционально-интегрального закона регулирования [2], передаточную функцию которого представим в виде:

$$W_p(s) = \frac{U}{\varepsilon} = K_p \left(1 + \frac{K_u}{s} \right) = K_p + \frac{K_p K_u}{s} = W_n(s) + W_u(s), \quad (2)$$

где U – управляющее воздействие, ε – рассогласование, K_p , K_u – параметры настройки.

Тогда, в соответствии с (2), управляющее воздействие можно представить в виде суммы пропорциональной и интегральной составляющих:

$$U(t) = K_p \varepsilon(t) + K_p K_u \int_0^t \varepsilon(t) dt = U_1 + U_2. \quad (3)$$

Моделирование пропорциональной составляющей затруднений не вызывает, а для моделирования интегральной - воспользуемся методом прямоугольников, тогда

$$U_2(kT) = U_2((k-1)T) + K_p K_u \varepsilon(kT)T. \quad (4)$$

Учитывая, что $U_2((k-1)T)$ есть задержанный на период T сигнал $U_2(kT)$, перепишем (4) в виде

$$U_2(kT) = U_2(kT)e^{-Ts} + K_p K_u \varepsilon(kT)T. \quad (5)$$

Выражение (5) позволяет записать дискретную передаточную функцию интегральной составляющей

$$W_u(z) = \frac{U_2(z)}{\varepsilon(z)} = \frac{K_p K_u T}{1 - z^{-1}} = \frac{K_p K_u Tz}{z - 1}, \quad (6)$$

где $z = e^{Ts}$. [3]

С учетом (6) дискретная передаточная функция регулятора может быть представлена в виде:

$$W_p(z) = \frac{U(z)}{\varepsilon(z)} = K_p + \frac{K_p K_u T}{1 - z^{-1}} = K_p + \frac{K_p K_u Tz}{z - 1}, \quad (7)$$

Выражение (7) учитывает импульсный (дискретный) характер регулирования, однако не позволяет формировать импульсы переменной длительности, обеспечивающие, в соответствии с (1), регулирование средней скорости перемещения вала ИМ. В реальных системах требуемая длительность управляющих импульсов формируется путем изменения скважности γ , или охватом ИМ отрицательной обратной связью по положению выходного вала. Следует отметить, что применение второго способа формирования длительности импульсов, является менее предпочтительным, поскольку снижает надежность системы, однако с точки зрения моделирования процессов этот способ оказывается проще, что и определяет целесообразность его использования. Структурная схема моделирования ИМ, обеспечивающая регулирование средней скорости, приведена на рис. 2.

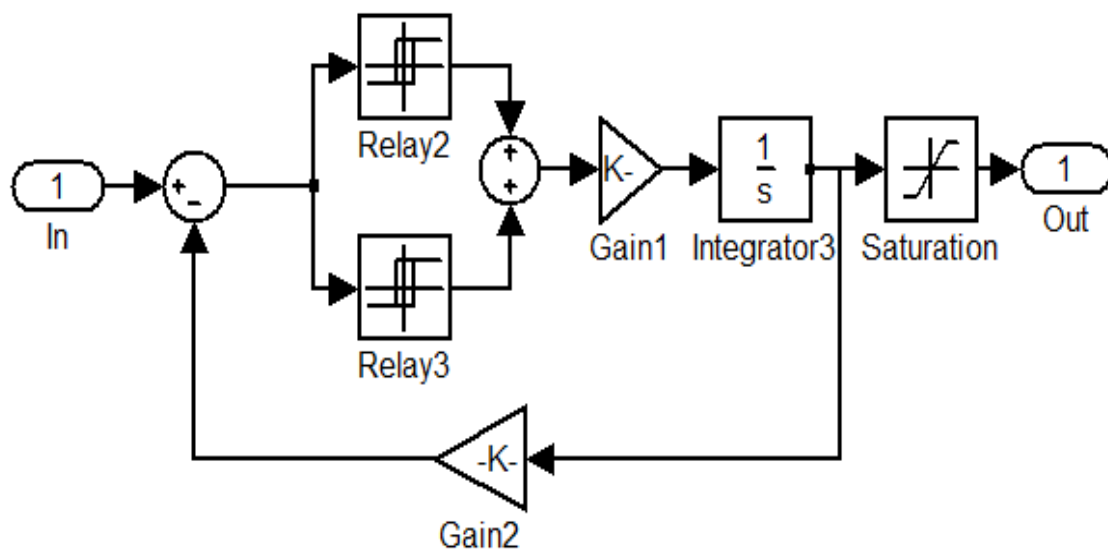


Рис.2. Структурная схема моделирования ИМ

В соответствии с вышеизложенным, было проведено сопоставительное моделирование переходных процессов в аналоговой системе и в

системе учитывающей техническую реализацию формирования управляющего воздействия (рис. 3).

Анализ результатов моделирования (рис. 4, 5) показал, что показатели качества регулирования существенно зависят от технических характеристик ИМ и правильности выбора периода T . Таким образом, используя предлагаемую методику учета особенностей, вносимых в систему импульсным характером формирования управляющего воздействия и нелинейностями ИМ, уже на этапе проектирования представляется возможной уточненная оценка реализуемых системой показателей качества.

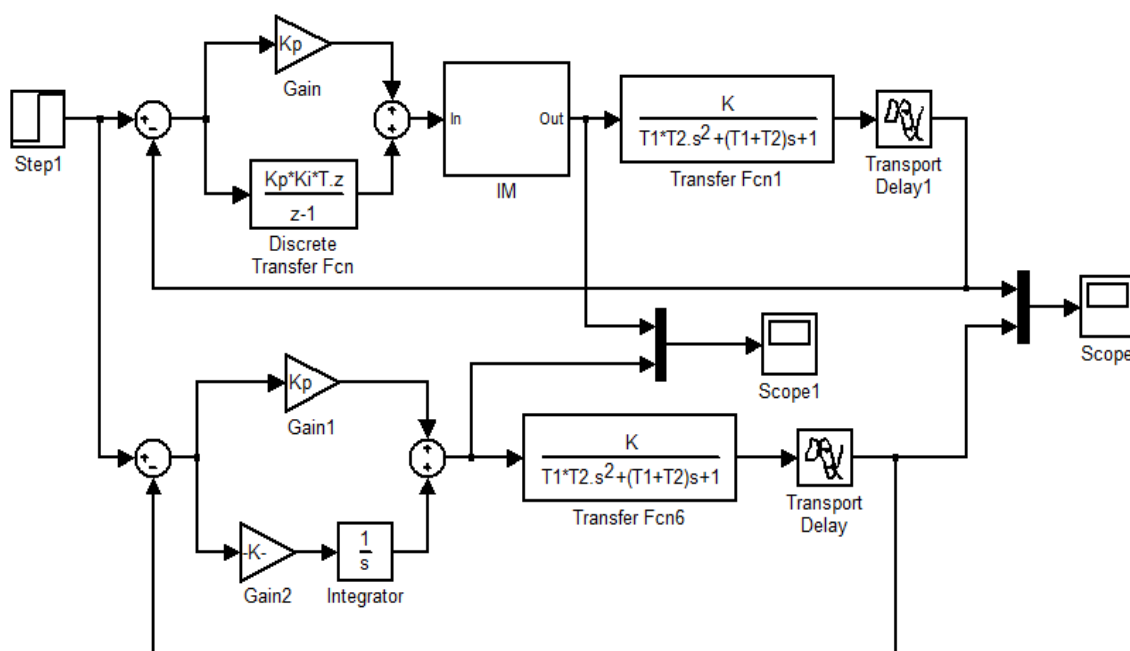


Рис. 3. Структурная схема моделирования переходных процессов в аналоговой и импульсной системах.

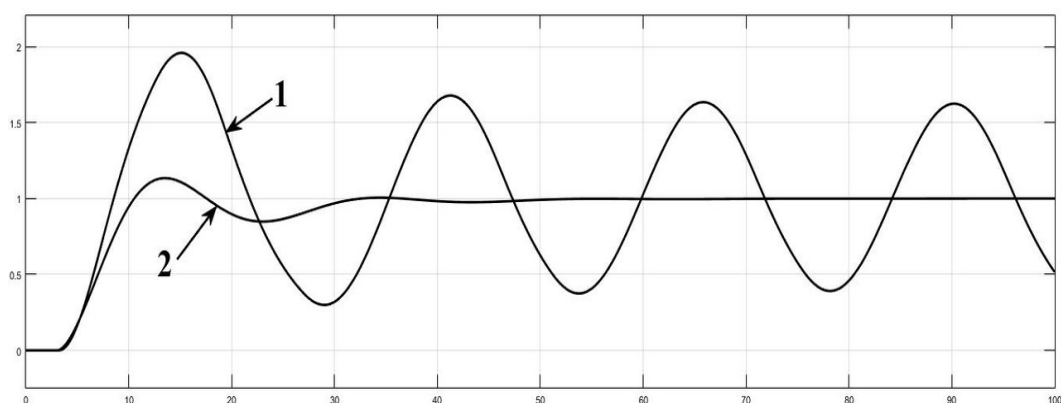


Рис. 4. Переходная характеристика. 1 – импульсная система, 2 – аналоговая система.

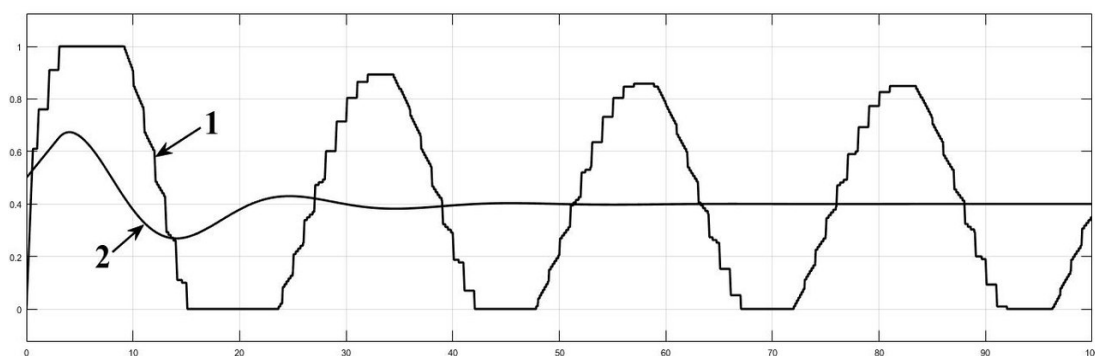


Рис. 5 Управляющее воздействие. 1 – импульсная система, 2 – аналоговая система.

Список литературы:

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Ключев; Под ред. А. С. Ключева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.: ил.

2. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 3-х т. / Под ред. Н.Д. Егунова. – Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.

3. Карташев В. Г. Основы теории дискретных сигналов и цифровых фильтров: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. школа, 1982.

УДК 53.086

Гаршина Вероника Викторовна
канд. техн. наук, доцент ВГУ
Десятириков Феликс Андреевич,
Мыскова Елена Владимировна,
Болгов Данил Николаевич
студенты ВГТУ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ РАСЧЕТА ДИАМЕТРОВ И ДЛИН ОДНОСЛОЙНЫХ ТРУБОК ИЗ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО ПОЛОТНА

г. Воронеж, Воронежский государственный университет,
Воронежский государственный технический университет, sci-
ence2000@ya.ru

Аннотация. В работе предложена процедура ускоренного расчета геометрии нанотрубок, проведен анализ значений диаметров и длин нанотрубок при различных индексах хиральности.

Ключевые слова: нанотрубки, графен, вектор хиральности.

Veronika V. Garshina

PhD, docent, VSU

Felix Desyatnikov,

Elena Myskova,

Danil Bolgov

Students, VSTU

OPTIMIZATION OF THE PROCEDURE FOR CALCULATION OF DIAMETERS AND LENGTH OF SINGLE-LAYER TUBES FROM THE HEXAGONAL LEAF

Voronezh, Voronezh State University, Voronezh State Technical University,
science2000@ya.ru

Abstract. In this paper, we propose a procedure for the accelerated calculation of the geometry of nanotubes, an analysis of the values of diameters and lengths of nanotubes for various chirality indices.

Keywords: nanotubes, graphene, chirality vector.

Трубки из гексагонального полотна являются интересным объектом исследования, ввиду их большого прикладного значения. Так, например, углеродные нанотрубки – объект исследования для различных приложений. Расчет свойств трубки требует знание её геометрических параметров. В работе представлен способ ускоренного расчета диаметров и длин однослойных нанотрубок.

Целью работы было определение закономерностей в расчете параметров трубок из гексагонального полотна и поиск пути ускорения расчета их геометрических параметров.

Углеродная нанотрубка получается путем сворачивания фрагмента графеновой плоскости (состоящей из правильных шестиугольников) в направлении вектора сворачивания. Этот вектор $\mathbf{R}$ называется вектором хиральности (рис. 1).

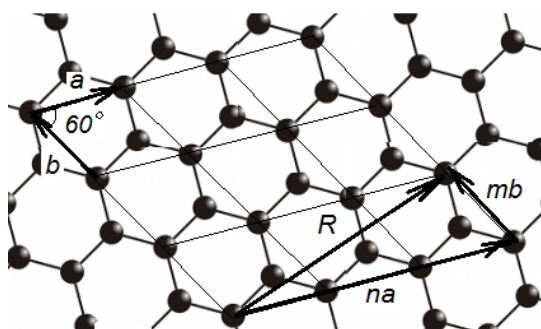
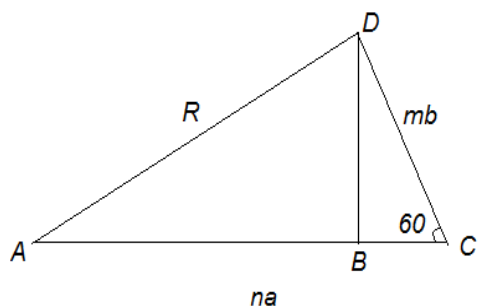


Рис.1 Вектор $\mathbf{R}$ сворачивания графеновой плоскости

При сворачивании фрагмента графеновой плоскости конец $\mathbf{R}$ должен совпасть с его началом, при этом совпадают соответствующие шестиугольники и трубка получается безшовной. Вектор $\mathbf{R}$ определяется следующим образом: $\mathbf{R} = n\mathbf{a} + m\mathbf{b}$, где n и m – целые числа (индексы хиральности), а $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ – определяющие векторы графеновой плоскости.



При этом индексы хиральности n и m являются основной характеристикой однослойных нанотрубок, определяющей все основные геометрические параметры. Покажем это на примере диаметра нанотрубки.

Используя данные рис. 1, проведем высоту BD .

Из прямоугольного $\triangle BDC$: угол $BDC=90-60=30^\circ$.

Тогда $BC=\frac{1}{2}mb$. Найдём DB по т. Пифагора: $DB^2=(mb)^2-BC^2=\frac{3}{4}(mb)^2$.

Из прямоугольного треугольника ADB :

$$R = \sqrt{AB^2 + DB^2} = \sqrt{(na - BC)^2 + DB^2} = \sqrt{(na - \frac{1}{2}mb)^2 + \frac{3}{4}(mb)^2}$$

$$= \sqrt{(na)^2 - abnm + (mb)^2} = \text{(т.к. } a=b) = a\sqrt{n^2 - nm + m^2}$$

Для свернутой трубки R – это длина окружности трубки, поэтому диаметр трубки:

$$D = \frac{R}{\pi} = \frac{a}{\pi} \sqrt{n^2 - nm + m^2}, \quad (1)$$

где a – параметр ячейки графитовой плоскости: $a=2,46\text{\AA}$.

Обозначим подкоренное выражение как **d**.

Значение подкоренного выражения используется и для определения длины нанотрубки [1]. При определении длины нанотрубки оперируют таким понятием как трансляционный вектор **T** – это вектор минимальной длины, соединяющий два идентичных узла вдоль оси нанотрубки. Соответственно, длина нанотрубки составляет некоторое целое число длин трансляционного вектора. Длина трансляционного вектора определяется по следующей формуле (здесь НОД – наибольший общий делитель двух чисел):

$$T = \frac{\sqrt{3}a\sqrt{n^2 - nm + m^2}}{\text{НОД}(2n - m, 2m - n)}$$

Ниже приведены рассчитанные значения подкоренного выражения для различных m, n :

Таблица I.

Значения подкоренного выражения в (1) (фрагмент)

$n \backslash m$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	A	B	C	AB	E	G	AD	Q	BC	AF	BD	M
2		2		2A	D	2B	3C	2C	R	2AB	U	2E	7A
3			3			3A	F	B	3B	V	P	3C	N
4				4				4A	S	2D	AE	2E	BD
5					5					5A	DC	T	AG
6						6						6A	L
7							7						
8								8					
9									9				
10										10			
11											11		

рассчитываемые значения (Зона I)

ось симметрии I

Зона II

Зона III

Зона IV

ось симметрии III

ось симметрии II

достраиваемые значения

A	B	C	H	D	E	F	G	S	R	Q	V	P	U	T	L	N	M
3	7	1	1	1	3	37	4	6	6	7	7	9	10	10	12	139	157
		3	7	9	1		3	1	7	3	9	7	3	9	7		

На рис. 2 построена поверхность $\mathbf{d}(m, n)$ и на рис. 3. показаны значение рассчитанной точки и трех ей эквивалентных по значению подкоренного выражения.

Нами доказана эквивалентность значений диаметров трубок для различных значений m и n , а также получены формулы перехода от рассчитанной точки к другим (по значениям параметров m и n).

Исходя из рассчитанных значений $1/4$ части Таблицы I (зона I), заполнение оставшихся полей проводится по следующим правилам:

1) ось симметрии I (для $m=2k$ (четн.), $n=m/2$): значения в таблице $\mathbf{d} = kA$;

2) ось симметрии II (для $m=n$): значения в таблице $\mathbf{d} = m = n$;

3) ось симметрии III (для $n=2p$ (чет.), $m=n/2$): значения в таблице $\mathbf{d} = pA$;

4) формулы перехода (поиска эквивалентных значений в зоне I):

зона I $\rightarrow$ зона II : $m_2 = m_1$, $n_2 = m_1 - n_1$;

зона I $\rightarrow$ зона III : $m_3 = m_1 - n_1$, $n_3 = m_1$;

зона I $\rightarrow$ зона IV : $m_4 = n_1$, $n_4 = m_1$.

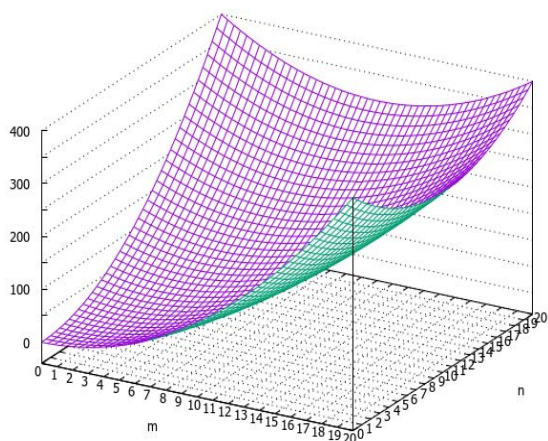


Рис. 2. Значения подкоренного выражения как функции параметров m и n

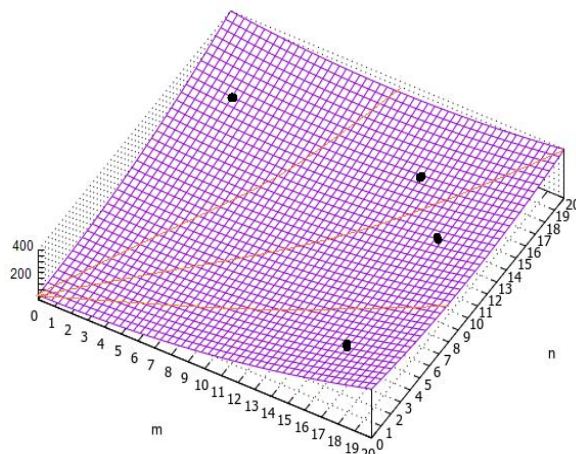


Рис. 3. Эквивалентные значения подкоренного выражения

Выводы

1. Все элементы Таблицы I имеют сомножители в виде простых чисел, это означает, что при **последовательном** увеличении m и n **диаметры и длины** нанотрубок изменяются дискретно и неравномерно.

2. Таблица значений диаметров **имеет несколько осей симметрии**:

- диагональ таблицы – относительно неё значения зеркально симметричны;
- «биссектриса» верхней части таблицы над диагональю – относительно неё значения верхней части таблицы симметричны при отражении «сверху-вниз»;
- «биссектриса» нижней части таблицы под диагональю – относительно неё значения нижней части таблицы симметричны при отражении «справа-налево».

3. Для расчета всех возможных диаметров и длин однослойных бездефектных нанотрубок можно рассчитать по формуле (1) **только ¼ часть всех необходимых значений**, а остальные значения достроить в Таблицу I согласно рассчитанным значениям. Это позволит рассчитывать лишь те значения диаметров и длин, когда $n < m/2$ (или $m < n/2$).

Список литература

1. Jishi R.A., Dresselhaus M.S., Dresselhaus G., Symmetry properties of chiral carbon nanotubes // Physical Review B.- 1993, Vol.47, No.24. – p.16671-16674.

УДК 62-50

Смолянинов Андрей Викторович
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры АТПиП
Саранцева Анна Андреевна,
Веденеев Дмитрий Сергеевич
студенты

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Воронеж, Воронежский государственный технический университет,
a.v.smolyaninov@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с применением интеллектуальных систем для управления сложными техническими объектами. Особое внимание уделяется понятиям нечеткого множества и лингвистической переменной.

Ключевые слова: система, лингвистическая переменная, нечеткое множество

Andrey V. Smolyaninov
Ph.D., Associate Professor
Anna Sarantseva,
Vedeneev Dmitriy
Students

APPLICATION OF LINGUISTIC VARIABLES FOR THE MANAGEMENT OF TECHNICAL OBJECTS

Voronezh, Voronezh State Technical University, a.v.smolyaninov@yandex.ru

Abstract: In this paper, we consider issues related to the use of intelligent systems for managing complex technical objects. Particular attention is paid to the concepts of fuzzy set and linguistic variable.

Keywords: system, linguistic variable, fuzzy set

В настоящее время задачи, решаемые системами автоматического управления, становятся все более и более сложными, что обусловлено существенным усложнением технологического оборудования. Так, если раньше перед системами ставились в основном задачи стабилизации технологических координат, то в настоящее время необходимо автоматизировать пусковые режимы, что приводит к значительным трудностям при использовании классических методов управления. Кроме того, ввиду сложности технологического оборудования, зачастую, сложно выделить

канал регулирования в классическом понимании. Последнее обусловлено многомерностью объектов регулирования, когда изменение нескольких входных величин приводят к изменению одной выходной. В связи с этим, при управлении такими объектами, помимо задач, связанных со стабилизацией технологической координаты, приходится решать задачу выбора управляющего воздействия. Все вышеизложенное приводит к необходимости применения интеллектуальных систем управления.

Управление в таких системах строится по принципу моделирования действий оператора, управляющего технологическим объектом, что подразумевает разработку алгоритма функционирования системы управления на естественном языке, оперирующем такими понятиями как: «чуть больше», «не очень много», «значительное отклонение» и т.д. Одним из направлений развития таких систем управления являются системы, основанные на использовании понятийного аппарата нечеткой логики, базовым элементом которого является нечеткое множество, которое впервые ввел Лотфи Заде.

Нечетким множеством называют совокупность пар значений универсального множества X , имеющих степень принадлежности к этому множеству не только 1, но и $(0; 1]$.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\},$$

где μ_A – это степень принадлежности $x \in X$.

Формально в качестве функции принадлежности может быть выбрана любая функция, однозначно отображающая множество определения X (универсум) в множество значений $Y = [0, 1]$:

$$\mu_A: X \rightarrow Y,$$

где универсум – это такое нечеткое множество X функция принадлежности всех элементов которого $\mu(x) = 1$

Однако на практике чаще всего используются типовые функции принадлежности, к которым относят кусочно-линейные и Z (S)-образные функции принадлежности.

Кусочно-линейные функции принадлежности. К числу таких функций относят треугольные и трапециевидные функции принадлежности. Аналитическая запись треугольной функции принадлежности может быть представлена в виде:

$$\mu_A(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c < x \end{cases},$$

где a, b, c – некоторые числа удовлетворяющие условию $a \leq b \leq c, [a, c] \subset X$. Аналитическая запись трапецевидной функции принадлежности имеет вид:

$$\mu_A(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d < x \end{cases}$$

где a, b, c, d – некоторые числа удовлетворяющие условию $a \leq b \leq c \leq d, [a, d] \subset X$.

Z и S- образные функции принадлежности. В настоящее время используется несколько форм записи указанных функций принадлежности. Так аналитическая запись Z-образной функции принадлежности может быть выражена следующим образом [1]:

$$\mu_Z(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-a}{b-a}\pi\right), & a \leq x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$

Для S-образных функций аналитическая запись может быть представлена в виде

$$\mu_S(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a}\pi\right), & a \leq x \leq b \\ 0, & x > b \end{cases}$$

где a и b – некоторые числа удовлетворяющие условию $a < b, [a, b] \subset X$. К классу S и Z- образных функций принадлежности следует отнести сигмоидальную функцию

$$\mu_{S,Z}(x; a, b) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}}$$

где a и b – некоторые числа удовлетворяющие условию $a < b, [a, b] \subset X$.

При этом если $a > 0$, то представленная выше зависимость соответствует S- образной функции принадлежности, а если $a < 0$ то – Z- образной.

Лингвистическая переменная [2], являющаяся обобщением нечеткой переменной, задается пятеркой $\{\alpha, T, X, G, M\}$, где α – имя переменной, T – терм - множеством, каждый терм которого представляется как нечеткая переменная на универсуме X , G – синтаксические правила, часто в виде грамматики, порождающие название термов, M – семантические пра-

вила, задающие функции принадлежности нечетких термов, порожденных синтаксическими правилами. В качестве примера в [1] приводится лингвистическая переменная α = «температура в комнате» (рис.1),

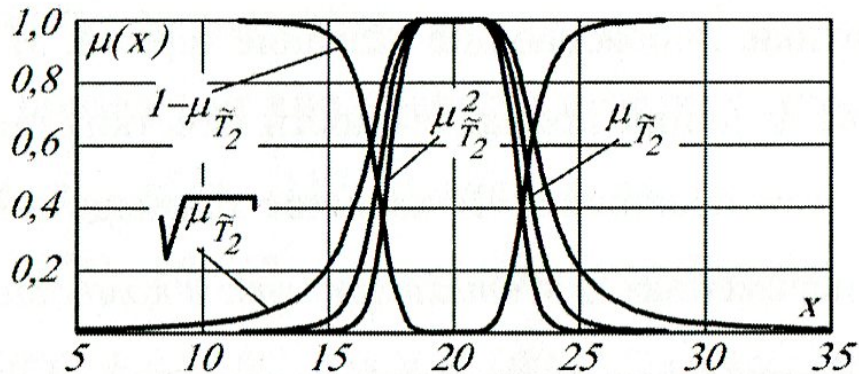


Рис. 1. Графики функций принадлежности термов «комфортно», «не комфортно», «очень комфортно» и «более-менее комфортно».

при этом четверка $\{T, X, G, M\}$ определяется следующим образом:

- универсум $X = [5; 35]$;
- терм-множество $T = \{T_1, T_2, T_3\} = \{\text{"холодно"}, \text{"комфортно"}, \text{"жарко"}\}$ с функцией принадлежности

$$\mu_{T_1}(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-10}{7}\right)^2},$$

$$\mu_{T_2}(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-20}{3}\right)^2},$$

$$\mu_{T_3}(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-30}{6}\right)^2};$$

- синтаксические правила G , порождающее новые термы с использованием квантификаторов "не", "очень" и "более-менее";
- семантические правила M :

$$\text{"не"} T_i \rightarrow 1 - \mu_{T_i}(x),$$

$$\text{"очень"} T_i \rightarrow (1 - \mu_{T_i}(x))^2,$$

$$\text{"более-менее"} T_i \rightarrow \sqrt{\mu_{T_i}(x)}.$$

Таким образом, используя понятие лингвистической переменной можно разрабатывать системы управления технологическим оборудованием, опираясь на алгоритмы, составленные на естественном языке, что, в свою очередь, позволяет достаточно быстро добиться реализации требуемых показателей качества функционирования объектов управления.

Список литература

1. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736с.: ил.
2. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети.- М. : Горячая линия- Телеком. – 2007. – 284с.: ил.

Чепелев Станислав Аркадьевич,
Д-р техн. наук, профессор, проф. кафедры АТПиП
Иварлак Ксения Дмитриевна,
Сингур Константин Андреевич
студенты

ВЫЯВЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

г.Воронеж, Воронежский государственный технический универси-
тет, science2000@ya.ru

Аннотация: В статье рассматривается вопрос о важности своевременного выявления нештатной ситуации и отнесении текущей ситуации к одному из пяти классов. На примере производств, использующих технологию синтетического каучука, приведены методы и способы классификации ситуации для каждого из пяти классов.

Ключевые слова: Таблица истинности, аварийная ситуация, анализ номенклатуры, фрейм-прототип, комплекс прикладных программ.

Stanislav Chepelev
Doc.of tech.sc., Prof.
Ksenia Ivarlak,
Konstantin Singur
Students

IDENTIFICATION OF EMERGENCY SITUATION AT ONE OF THE FIVE CLASSES

Voronezh, Voronezh State Technical University, science2000@ya.ru

Abstract: The article discusses the importance of timely detection of abnormal situations and to bring the current situation to one of five classes. On the example of production technology of synthetic rubber, the methods and ways of classifying situations for each of the five classes.

Keywords: The truth table, emergency, analysis of the item frame to

prototype complex applications.

В ходе исследования выделены основные производства, которые используют технологии синтетического каучука. Для основных производств методами системного анализа выполнена стратификация задач управления с позиции трех уровней абстрагирования: технологического, ситуационного и классического управления. Определены классы ситуаций и сформированы определяющие их признаки. Выделение нештатной ситуации является задачей анализатора. Задача классификатора заключается в отнесении текущей ситуации к одному из пяти классов: 1) чрезвычайная ситуация; 2) аварийная ситуация; 3) недостаток ресурсов; 4) ситуация с неопределенностью; 5) оптимизация.

1) По таблицам истинности Петри осуществляется формирование признаков чрезвычайной ситуации. Выявленная ситуация требует привлечения в автоматическом режиме программных и технических средств быстрого реагирования для принятия экстренных мер по предотвращению разрушений смежного оборудования и силовых конструкций.

2) Путем анализа технологических параметров на принадлежность заданной области формируются признаки аварийной ситуации. Для выполнения последовательности операций вывода технологического процесса в безопасную зону значений параметров некоторый временной запас дает аварийная ситуация. Для процесса дегидрирования н-бутиленов на лабораторных установках на предельных режимах работы выполнены активные эксперименты. Полученные номограммы позволяют отслеживать частичное разрушение катализатора с целью последующей коррекции математической модели оптимизации и вести целенаправленный вывод объекта из критической зоны. Для каждой из рассматриваемых в работе ХТС создаются алгоритмы с определителем точек входа в последовательности ликвидации аварийных ситуаций.

3) Признаки задачи недостатка ресурсов формируются путем анализа номенклатуры и запасов, хранящихся в складских помещениях, и производительности смежного оборудования, необходимых для выполнения производственной программы. Рассматривается пример приготовления маточных резиновых смесей производства шин. При отнесении ситуации к классу замещения ресурсов активизируется меню альтернативных рецептов. Рецепты созданы на базе экспертных оценок, по которым ЛПР (лицо, принимающее решение) выбирает предпочтительный вариант. По результатам выбора рецепт, хранящийся в базе знаний, количественно модифицируется под заданную марку продукции и переводится в базу данных для текущего исполнения.

4) Если ситуация оказалась не распознанной классификатором (не найден фрейм-прототип), то формируется признак ситуации с неопреде-

ленностью, и задача передается на рассмотрение ЛПР. С этого момента система предоставляет ЛПР диалоговый режим общения с базой знаний.

К таким ситуациям относится неопределенность цели в многокритериальной задаче оптимизации. В этом случае ЛПР осуществляет сужение множества альтернатив через совокупность функций полезности $Q=(q_1(S), \dots, q_m(S))$ применением принципа Парето для систем, таких, что $S_1 \succ S_2$ (знак $\succ$ - лучше), если $q_i(S_1) \geq q_i(S_2), \forall i=1, \dots, m$, и хотя бы для одного i -го имеет место $q_i(S_1) > q_i(S_2)$. Функции полезности, построенные по информации, поступающей с автоматических приборов качества, представляются ЛПР. При этом возможны два варианта.

В первом варианте ЛПР постулирует дополнительные гипотезы для устранения неопределенности цели, например, в виде скалярной свертки функций полезности вектора Q на множестве S с весовыми коэффициентами ϖ_i $q = \sum_i \varpi_i q_i$ или непосредственным введением числовой меры близости вектора $Q(S_1, S_2)$ к идеальной точке $Q^*(S_1, S_2)$:

$$\mu_{ij}(q) = \sqrt{\sum_i [q_i(S_1, S_2) - q_i^*(S_1, S_2)]^2}.$$

и возвращает задачу классификатору на анализ корректности ее структуры. Если корректность выполняется, классификатор передает задачу пакету программ, с пометкой (флагом) реализации алгоритма оптимизации, соответствующего поставленной задаче. Если корректность не соблюдается или нет прототипа, задача возвращается к ЛПР для повторного анализа.

Во втором варианте ставится вопрос о снятии задачи оптимизации и внесении коррекции в штатные задачи управления.

Для разрешения противоречий на параметрическом уровне предложен метод формализации задач представлением состояния объекта точкой в многомерном пространстве нормированных притязаний различной природы. Набор ограниченных ресурсов, требуемых для функционирования системы, представлен как n компонент вектора x в соответствующем ортонормированном базисе $\{e\}$. Фактически имеющиеся в распоряжении ресурсы p на момент решения задачи определяют количество объектов (составных частей системы), участвующих в конфликте, как претендентов на ресурсы. Нормирование притязаний j -го объекта на i -й ресурс X_i^j по отношению к имеющемуся запасу этого ресурса X_i

$$\bar{X}_i^j = \frac{X_i^j}{X_i} \text{ характеризует уровень напряженности } j\text{-го объекта систе-}$$

мы по i -му орту вектора притязаний. Очевидно, что когда $\bar{X}_i^j > 1$, то есть данного ресурса не хватает даже для одного объекта системы, задача вырождается до ликвидации одной из подсистем, а если $\bar{X}_i^j \rightarrow 0$, то появля-

ются предпосылки к понижению размерности задачи, т.е. данный ресурс неограниченной мощности (притязание не обосновано).

В предложенном подходе состояние системы описывается скалярной линейной функцией $\varphi = \varphi(\mathbf{x})$ векторного аргумента $\mathbf{x}$, компонентами которого являются нормированные притязания: $\varphi(\mathbf{x}) = \varphi(x_i \mathbf{e}_i) = x_i \varphi(\mathbf{e}_i)$. Обозначая $\varphi(\mathbf{e}_i)$ через $\varphi(\mathbf{e}_i) = a_i$, получим однородный многочлен первой степени от переменной x_i , т.е. линейную форму $\varphi(\mathbf{x}) = a_i x_i$. По определению, a_i - это ковариантный тензор первой степени. Дополняя систему по изложенному правилу составляющими элементами (объектами) в виде векторных аргументов $\mathbf{x}$ до полного комплекта P , получим полилинейную форму $\phi = \phi(\vec{x}^j)$, которая в принятом базисе $\{\mathbf{e}\}$ имеет вид $\phi = a_{ijk\dots m} x^1, x^2, x^3, \dots, x^m$, где $a_{ijk\dots m}$ - компоненты тензора степени (валентности) P . Использование тензоров позволяет не указывать конкретный выбор системы координат для проведения оптимизационных процедур.

5) Если классификатор определил, что оптимизационная задача уже решается (соответствующая программа выставила флаг функционирования), то формируется признак оптимизационной ситуации для инициирования комплекса прикладных программ.

Конечная цель системы управления заключается в переводе текущей ситуации в класс оптимизационных задач для получения дополнительной прибыли от ведения технологического процесса, а затем в штатный режим.

Особенности системы управления, функционирующей в экстремальных ситуациях, заключаются в следующем:

- эпизодический режим работы экстремальных задач, когда алгоритмы активизируются в момент появления ситуации соответствующего класса;
- задачи чрезвычайной ситуации прерывают работу всех остальных либо переходят в подчинение диспетчеру чрезвычайных задач;
- в аварийной ситуации роль супервизора реального времени исполняет ЛПП, пользуясь интеллектуальным интерфейсом при работе с комплексной базой знаний и данных системы;
- завершая работу в чрезвычайных ситуациях анализатор ситуаций продолжает слежение в режиме Watchdog.

Предложенный принцип ведения комплексной специализированной базы знаний и данных методом адаптивного погружения в базу данных SCADA-пакетов программ на основе даталогической модели компоновки информации с формализацией в виде фреймов-прототипов поддерживает характерные свойства знаний:

- наличие смыслового истолкования или интерпретируемости_све-

дений;

- классифицируемость связей между отдельными сведениями;
- ситуативность смысловых и целевых отношений между сведениями, которые позволяют установить их взаимную совместимость.

В результате такой адаптации достигается унификация базы данных системы классического управления и специализированной базы знаний системы ситуационного принятия управляющих решений.

УДК 656

Добролюбов Владимир Ильич,
канд.техн.наук., доцент
Толстов Юрий Алексеевич,
канд.техн.наук., доцент

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ

г. Чебоксары, Волжский филиал ФГБОУ ВО
«Московский автомобильно-дорожный государственный технический
университет (МАДИ)», utol@yandex.ru

Аннотация: Математическая модель переходных процессов, описывающая колебания при торможении и динамику тормозного привода для определения тормозного пути подвижного состава.

Ключевые слова: математическая модель, процесс торможения, тормозной путь, регулятор тормозных сил.

Vladimir I. Dobrolubov
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Yuri A. Tolstov
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

MODELING OF TRANSIENT PROCESSES OF THE SYSTEM REGULATING BRAKING FORCES

Cheboksary, Volzhsky branch of Moscow state automobile and road technical University (MADI), utol@yandex.ru

Abstract: a Mathematical model of transient processes, are described wausa vibrations when braking and dynamic brake to determine the braking distance of rolling stock.

Key words: mathematical model, process of braking, the top-Masnou way, the brake force regulator.

В целях обеспечения безопасности дорожного движения и уменьшения тормозного пути за счет повышения надежности тормозной системы необходимо учитывать возмущающие силы подрессорных и не-подрессорных масс. Качество работы тормозной системы зависит от вида привода и влияющих динамических сил. Поэтому возникает вопрос математического моделирования техпроцесса торможения. Системный подход к составлению математической модели переходных процессов динамической системы с учетом реалогических тел Гука, Ньютона позволяет выявить время нарастания движения в тормозных камерах груженого и порожнего прицепа, определить тормозной путь подвижного состава с учетом частоты возмущающей силы подрессорных и неподрессорных масс прицепа и неровностей дорог.

В процессе торможения автомобильным подвижным составом происходит статическое и динамическое изменение силы в тормозных камерах прицепов. Это связано с прогибом подвески и изменением положения подрессорных и неподрессорных масс прицепа. Соответствие нормальной реакции на колодках и давления воздуха в тормозных камерах определяется многофакторным исследованием. Работу регулятора тормозных сил, а следовательно, и развитие давления воздуха в тормозных камерах прицепа описать в виде математической модели.

Для исследования влияния возникающих колебаний разработана динамическая модель транспортного средства (рис. 1).

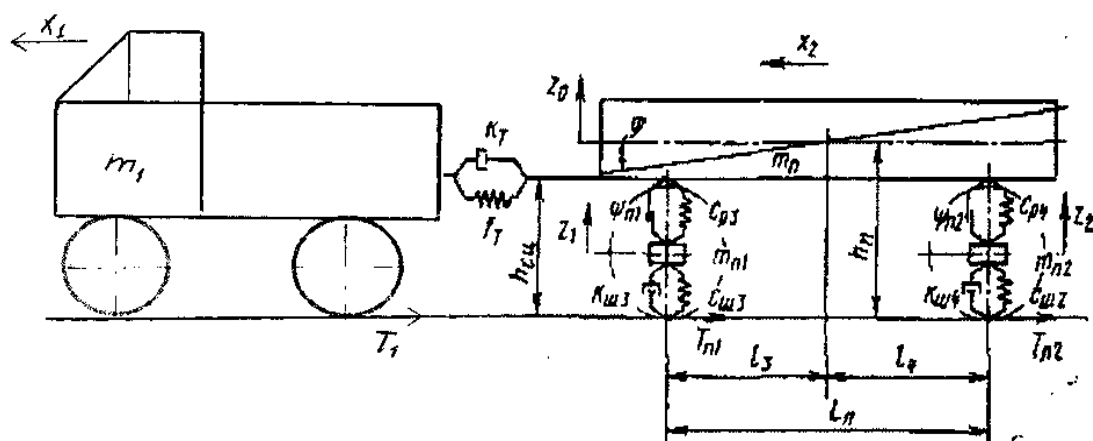


Рис.1. Расчетная динамическая модель колебательной системы

Для разработки математической модели составлена система дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
m_1 \ddot{x}_1 + k_T (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + f_T (x_1 - x_2) + T_1(t) &= 0; \\
m_2 \ddot{x}_1 - k_T (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - f_T (x_1 - x_2) + T_{\Pi 1}(t) + T_{\Pi 2}(t) &= 0; \\
m_{\Pi} \ddot{z}_0 + 2\psi_{\Pi 1} \text{sign}(\dot{z}_0 - \dot{z}_1 - l_3 \dot{\varphi}) + 2\psi_{\Pi 2} \text{sign}(\dot{z}_0 - \dot{z}_2 + l_4 \dot{\varphi}) + \\
+ 2c_{p3} (\dot{z}_0 - \dot{z}_1 - l_3 \dot{\varphi}) + 2c_{p4} (\dot{z}_0 - \dot{z}_2 + l_4 \dot{\varphi}) &= 0; \\
m_{\Pi} \rho^2 \ddot{\varphi} - 2l_3 \psi_{\Pi 1} \text{sign}(\dot{z}_0 - \dot{z}_1 - l_3 \dot{\varphi}) + 2l_4 \psi_{\Pi 2} \text{sign}(\dot{z}_0 - \dot{z}_2 + l_4 \dot{\varphi}) - \\
- 2c_{p3} l_3 (\dot{z}_0 - \dot{z}_1 - l_3 \dot{\varphi}) + 2c_{p4} l_4 (\dot{z}_0 - \dot{z}_2 + l_4 \dot{\varphi}) - T_2(t) h_{\Pi} + P_{cy} d_1 &= 0; \\
m_{\Pi 1} \ddot{z}_1 + 2\psi_{\Pi 1} \text{sign}(\dot{z}_0 - \dot{z}_1 - l_3 \dot{\varphi}) + 2k_{\Pi 3} \dot{z}_1 - 2c_{p3} (z_0 - z_1 - l_3 \varphi) + \\
+ 2c_{\Pi 3} z_1 + 2k_{\Pi 3} (\dot{z}_1 - \dot{q}_H) + 2c_{\Pi 3} (z_1 - q_H) &= 0; \\
m_{\Pi 2} \ddot{z}_2 - 2\psi_{\Pi 2} \text{sign}(\dot{z}_0 - \dot{z}_2 + l_2 \dot{\varphi}) + 2k_{\Pi 4} \dot{z}_2 + 2c_{p4} (z_0 - z_2 - l_4 \varphi) + \\
+ 2c_{\Pi 4} z_2 &= 0.
\end{aligned}$$

Определяем аналитическое выражение микропрофиля дороги для расчета значения возмущающего воздействия

$$q_H = q_0(1 - \text{const}),$$

где $n=2\pi v_H/3,6l_H$ — частота возмущающей силы; l_H — длина неровности; v_H — начальная скорость движения; q_0 — половина высоты неровности.

Результаты проведенных экспериментов показывают, что тормозные силы колес прицепа пропорциональны давлению воздуха в тормозных камерах и с достаточной точностью определяются выражениями

$$T_{\Pi 1} = \frac{k_{\Pi 1}}{r_{\Pi 1}}(p_{k1} - p_{H1}); T_{\Pi 2} = \frac{k_{\Pi 2}}{r_{\Pi 1}}(p_{k2} - p_{H2}); \quad (2)$$

где p_{k1} и p_{k2} — давление воздуха в тормозных камерах передней и задней осей прицепа.

Интенсивность нарастания тормозных сил на осях прицепа зависит от динамических характеристик его тормозного привода. Динамическая модель пневматического привода тормозов прицепа (рис.2) включает ресивер 1, воздухораспределительный клапан 2, регуляторы тормозных сил 3 и тормозные камеры передних и задних осей 4.

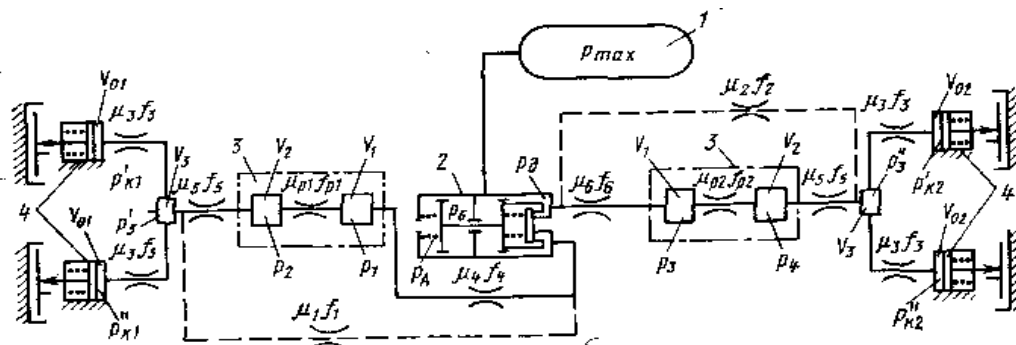


Рис.2. Динамическая модель пневматического привода тормозов прицепа

Система нелинейных дифференциальных уравнений, составленная с учетом расхода воздуха в емкости, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 \dot{p}_1 &= \frac{E}{V_1} \left(\mu_4 f_4 p_D \frac{p_D - p_1}{B p_D - p_1} - p_1 \mu_{p1} f_{p1} \frac{p_1 - p_2}{B p_1 - p_2} \right); \\
 \dot{p}_2 &= \frac{E}{V_2} \left(p_1 \mu_{p1} f_{p1} \frac{p_1 - p_2}{B p_1 - p_2} - p_2 \mu_5 f_5 \frac{p_2 - p_3}{B p_2 - p_3} \right); \\
 \dot{p}_3 &= \frac{E}{V_3} \left(p_2 \mu_5 f_5 \frac{p_2 - p_3}{B p_2 - p_3} - \dot{p}_3 \mu_2 f_2 \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}} - \dot{p}_3 \mu_3 f_3 \frac{\dot{p}_3 - \ddot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}} \right); \\
 \dot{\dot{p}}_{k1} &= \frac{1}{V_{o1} + F_{Д1} z_{k1}} \left(\dot{p}_3 \mu_2 f_2 E \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}} - k \frac{dz_{k1}}{dt} F_{Д1} \dot{p}_{k1} \right); \\
 \dot{\dot{p}}_{k1} &= \frac{1}{V_{o1} + F_{Д1} z_{k1}} \left(\dot{p}_3 \mu_2 f_2 E \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}} - k \frac{dz_{k1}}{dt} F_{Д1} \dot{p}_{k1} \right); \\
 \dot{p}_3 &= \frac{E}{V_1} \left(\mu_6 f_6 p_D \frac{p_D - p_3}{B p_D - p_3} - p_3 \mu_{p2} f_{p2} \frac{p_3 - p_4}{B p_3 - p_4} \right); \\
 \dot{p}_4 &= \frac{E}{V_4} \left(p_3 \mu_{p2} f_{p2} \frac{p_3 - p_4}{B p_3 - p_4} - p_4 \mu_5 f_5 \frac{p_4 - p_3}{B p_4 - p_3} \right); \\
 \dot{\dot{p}}_{k2} &= \frac{1}{V_{o2} + F_{Д2} z_{k2}} \left(\dot{p}_3 \mu_2 f_2 E \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}} - k \frac{dz_{k2}}{dt} F_{Д2} \dot{p}_{k2} \right);
 \end{aligned} \tag{3}$$

где $p_D = p_{max} - p_B - p_A$; p_{max}, p_B, p_A - давление воздуха в полостях воздухо-распределителя; z_{ki} — текущие значения перемещения диафрагм тормозных камер; $E = k A w_{kp}$; k — показатель адиабаты; A и B постоянные, определяющие форму гиперболы; w_{kp} — критическая скорость воздуха; μ_i, t_i - пропускная способность трубопроводов и регуляторов тормозных сил; V_{oi} — начальный объем тормозных камер; V_i — объемы полостей регулятора и емкостей; p_i — давления в полостях регулятора и емкостях.

Уравнение движения штока тормозной камеры колесного тормозного механизма с учетом того, что инерционные силы и силы трения малы по сравнению с действующими на диафрагму силами давления воздуха и реактивными силами тормозных механизмов определяется выражением

$$Z_k = F_D p_k / c_T, \tag{4}$$

где c_T — жесткость тормозного механизма.

Дифференцируя выражение (4), получим скорость перемещения диафрагмы

$$\frac{dz_k}{dt} = \frac{F_D}{c_T} \frac{dp_k}{dt}, \tag{5}$$

Закон изменения перемещения диафрагмы и ее скорости движения определяется исходя из функциональной зависимости $z_k = f(p_k)$, ко-

торую получают снятием экспериментальной характеристики колесного тормозного механизма.

Давление воздуха на выходе регулятора тормозных сил зависит как от динамических характеристик рассматриваемых звеньев пневмосистемы прицепа, так и от прогиба его подвески. Уравнения связи прогиба передней и задней подвесок с давлением воздуха на входе и выходе регуляторов тормозных сил определяются зависимостями

$$\begin{aligned} \frac{p_2}{p_1} &= \frac{y_{ст1} + y_{д1}}{\alpha_{\max} l_{p1}} \left[1 + \frac{(y_{ст1} + y_{д1})^2}{24 l_{p1}^2} \right] \\ \frac{p_4}{p_3} &= \frac{y_{ст2} + y_{д2}}{\alpha_{\max} l_{p2}} \left[1 + \frac{(y_{ст2} + y_{д2})^2}{24 l_{p2}^2} \right]; \end{aligned} \quad (6)$$

где $y_{ст1}$, $y_{ст2}$ — статические прогибы подвесок прицепа; $y_{д1}$, $y_{д2}$ — динамические прогибы подвесок прицепа; l_{p1} , l_{p2} — длины рычагов регуляторов тормозных сил передней и задней осей.

Система уравнений, описывающая динамику тормозного привода без регуляторов тормозных сил, имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \dot{p}_3 &= \frac{E}{V_2} \left(p_{д1} \mu_1 f_1 \frac{p_{д1} - \dot{p}_3}{B p_{д1} - \dot{p}_3} - \dot{p}_3 \mu_2 f_2 \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}} - \dot{p}_3 \mu_3 f_3 \frac{\dot{p}_3 - \ddot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \ddot{p}_{k1}} \right); \\ \dot{p}_{k1} &= \frac{1}{V_{01} + F_{д1} z_{k1}} \left(\dot{p}_3 \mu_3 f_3 E \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}} - k \frac{dz_{k1}}{dt} F_{д1} \dot{p}_{k1} \right) \\ \ddot{p}_{k1} &= \frac{1}{V_{01} + F_{д1} z_{k1}} \left(\dot{p}_3 \mu_3 f_3 E \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k1}} - k \frac{dz_{k1}}{dt} F_{д1} \ddot{p}_{k1} \right); \\ \ddot{p}_3 &= \frac{E}{V_3} \left(p_{д2} \mu_2 f_2 \frac{p_{д2} - \dot{p}_3}{B p_{д2} - \dot{p}_3} - \dot{p}_3 \mu_3 f_3 \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}} - \dot{p}_3 \mu_4 f_4 \frac{\dot{p}_3 - \ddot{p}_{k2}}{B \dot{p}_3 - \ddot{p}_{k2}} \right); \\ \dot{p}_{k2} &= \frac{1}{V_{02} + F_{д2} z_{k2}} \left(\dot{p}_3 \mu_4 f_4 E \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}} - k \frac{dz_{k2}}{dt} F_{д2} \dot{p}_{k2} \right); \\ \ddot{p}_{k2} &= \frac{1}{V_{02} + F_{д2} z_{k2}} \left(\dot{p}_3 \mu_4 f_4 E \frac{\dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}}{B \dot{p}_3 - \dot{p}_{k2}} - k \frac{dz_{k2}}{dt} F_{д2} \ddot{p}_{k2} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Так как на передней оси прицепа изменение нормальной реакции при торможении происходит в значительно больших пределах, чем на задней оси, то дальнейшее исследование переходного процесса регулирования тормозных сил будет относиться к этой оси.

Выводы

1. В результате расчета систем дифференциальных уравнений, описывающих колебания при торможении и динамику тормозного

привода, установлено, что для привода с регулированием тормозных сил на передней оси характерно увеличение по отношению к нерегулируемому приводу времени нарастания давления воздуха в тормозных камерах на 0,20 с для груженого и на 0,1с для порожнего прицепа.

2. В установившейся фазе торможения когда тормозные силы на колесах достигают постоянных значений при движении прицепа по ровной дороге, происходят колебания нормальных реакций. Для привода с регулированием тормозных сил на передней оси, и амплитуда колебаний нормальной реакции уменьшается до 30% у порожнего и у груженого прицепа, так как для такого привода характерно более плавное нарастание давления воздуха в тормозных камерах.

Колебания нормальной реакции в установившейся фазе торможения не влияют на работу регулятора тормозных сил, так как прогиб рессоры, от которого зависит соотношение давлений на входе и выходе регулятора, отсутствует благодаря действию сил сухого трения.

Список литературы

1. Вахламов, В. К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобиля: Учебное пособие. / В. Вахламов. – М.: Академия, 2013.

Секция 3

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ ПОДГОТОВКОЙ КАДРОВ И ОБРАЗОВАНИЕМ

УДК 338

Халин Владимир Георгиевич

д-р экон. наук., профессор, заведующий кафедрой
информационных систем в экономике СПбГУ

Чернова Галина Васильевна

д-р экон. наук, профессор, профессор
кафедры управления рисками и страхования СПбГУ

МОДЕЛИ УНИВЕРСИТЕТОВ-МИРОВЫХ ЛИДЕРОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РОССИЙСКОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия,
Санкт-Петербург, v.halin@spbu.ru, g.chernova@spbu.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию проблемы создания в России кластера ведущих университетов в контексте стратегических целей модернизации российской высшей школы, сформулированных в Указе Президента России от 7 мая 2012 года № 599 "О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки". Особое внимание уделено сравнительному анализу современных моделей университетов-мировых лидеров и особенностям их применения в российской высшей школе.

Ключевые слова: университет мирового класса, флагманский университет, конкурентоспособность университетов, модели университетов-мировых лидеров, академический контракт профессора, модернизация российской высшей школы, управление университетом.

Vladimir G. Khalin

Doctor of Economics, professor,
head of the sub-department of Information Systems in Economics

Galina V. Chernova

Doctor of Economics, professor,
professor of the sub-department Risk management and Insurance

MODELS OF UNIVERSITIES-WORLD LEADERS AND THEIR APPLICATION IN THE RUSSIAN HIGHER SCHOOL

Saint-Petersburg, Saint-Petersburg State University,
v.halin@spbu.ru, g.chernova@spbu.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the problem of creating the leading universities cluster in Russia. Particular attention is paid to a com-

parative analysis of modern models of universities-world leaders and the features of their application in the Russian higher school.

Key words: world class university, flagship university, competitiveness of the university, models of universities-world leaders, academic contract for university professor, modernization of higher education in Russia, university management.

Введение. Как свидетельствует мировой опыт, ключевыми ресурсами экономического роста современного общества являются знания, информация и образование, причем значение этих факторов, по мнению профессионалов, будет постоянно возрастать. Именно по этой причине исследовательские университеты специалисты относят к числу основных учреждений экономики знаний XXI века [1]. Статья посвящена исследованию проблемы создания в России университетов–мировых лидеров в контексте стратегических целей модернизации российской высшей школы, сформулированных в Указе Президента России от 7 мая 2012 года № 599 "О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки". Особое внимание уделено анализу ключевых факторов и условий формирования в России университетов–мировых лидеров, а также направлениям повышения глобальной конкурентоспособности ведущих российских университетов.

Модели и ключевые характеристики университетов–мировых лидеров. В условиях глобализации и вызовов экономики знаний, как никогда остро стоит проблема разработки новых моделей университетов–мировых лидеров, конкурирующих между собой на мировом рынке образовательных услуг, инноваций и научных знаний. К таким моделям, например, относятся модель исследовательского университета, модель университета мирового класса, модель флагманского университета, модель глобально конкурентоспособного университета и др. [2, 3, 4, 5, 6]. Более подробно остановимся на некоторых из них.

Трехфакторная модель Джамилы Салми создания университета мирового класса. В своих исследованиях известный экономист, эксперт Всемирного банка Д. Салми показал, что ключевыми факторами создания университетов мирового класса являются: концентрация талантов, благоприятная система управления и обильное финансирование. При этом благоприятные особенности системы управления проявляются в том, что они поощряют развитие лидерских качеств, талантов, инновации и гибкость; позволяют привлечь и удержать лучших преподавателей и обучающихся; обеспечивают академические свободы и реальное участие

академического штата в принятии важных для университета решений; позволяют принимать решения и распоряжаться ресурсами без бюрократической волокиты. Дж. Салми считает, что университет мирового класса - это такой университет, международная репутация которого в области научных исследований признана; он имеет выдающихся ученых-звезд и признанных лидеров мирового уровня в различных научных областях; создает знания, генерирует инновационные идеи, ведет многообразные фундаментальные и прикладные исследования; производит прорывные научные исследования, результаты которых отмечены и признаны коллегами; может привлечь и удержать лучших преподавателей и студентов; привлекает высокий процент обучающихся аспирантов, которые не только учатся, но и привлечены к исследовательской деятельности [3]. Из приведенных выше ключевых характеристик университета мирового класса следует, что эти университеты рассматриваются, прежде всего, как исследовательские университеты, как мировые научно-образовательные центры, в которых создаются знания, генерируются инновационные идеи и ведутся прорывные научные исследования. Поскольку методики авторитетных мировых рейтингов ориентированы, прежде всего, на показатели научно-исследовательской деятельности университетов, а не на успехи в учебной деятельности, то университеты мирового класса, как правило, занимают верхние строчки этих рейтингов и по версии этих рейтингов входят в число лучших 20-30 университетов. Так, например, Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе (UCLA), который был образован в 1919 году как один из десяти кампусов Калифорнийского университета США, в полной мере отвечает всем этим условиям и является университетом мирового класса [7].

Как видно из вышеизложенного, модель Д.Салми реализует требования к университету мирового класса. Однако, в настоящее время мало какие вузы реально могут быть отнесены к этому статусу. Именно поэтому она – модель Д.Салми университета мирового класса, является некоторым эталоном, идеалом, к которому при решении задачи повышения собственной конкурентоспособности должны стремиться ведущие российские университеты. К сожалению, как нам представляется, в настоящее время ни один из российских вузов не удовлетворяет в полной мере всем требованиям модели университета мирового класса.

Модель флагманского университета, предложенная в 2015 году старшим научным сотрудником Центра исследований высшего образования Калифорнийского университета в Беркли Джоном Дугласом, в отличие от модели университета мирового класса, значительно меньше ориентирована на высокие места в глобальных университетских рейтин-

гах, а сфокусирована в большей степени на решение задач национального и регионального уровня. На первое место в стратегии развития флагманского университета выходят задачи максимальной полезности для общества и экономического развития территорий. Целью государственных флагманских университетов является региональная и национальная значимость, ведущая к глобальному влиянию и престижу. Ключевыми характеристиками флагманского университета являются: наличие продуктивной среды не только для научных исследований, но и для качественного обучения; создание новых знаний и сохранение культурных и социально-экономических традиций общества; развитие индивидуальных возможностей человека и широкий доступ к высшему образованию; академические свободы и качество обучения; направленность на обеспечение национального и/или регионального развития; институциональная автономия; академическая культура и конструктивная система управления; перенос акцентов с репутации университета на его полезность на национальном и/или региональном уровне; открытость перед обществом и доверие к общественному мнению; участие в формировании более справедливого и процветающего общества [4]. С начала реформ, которые обычно связывают в российском образовании с принятием Закона РФ от 10.07.1992 г. № 3266-1 «Об образовании», и которым в этом году исполняется 25 лет, в российской высшей школе сформирован особый кластер системообразующих университетов (2 ведущих классических университета – МГУ им. М.В.Ломоносова и СПбГУ, 9 федеральных университетов и 29 национальных исследовательских университетов), многие из которых вполне удовлетворяют требованиям модели Дугласа флагманского университета [8].

Важной особенностью перечисленных выше моделей Салми и Дугласа является то, что они являются вербальными, что определяет проблемы их практического применения. Вербальное описание ключевых характеристик этих моделей значительно усложняет вопросы оценки не только абсолютного выполнения названных выше требований, но и вопросы сопоставления, сравнения значений этих параметров для разных университетов, как претендующих на статус университета мирового уровня, так и на статус флагманского университета. Дополнительно заметим, что данные модели существенно затрудняют проведение количественных оценок конкурентоспособности конкретных ведущих университетов и построение практических прогнозов повышения их глобальной конкурентоспособности на основании количественных критериев и показателей деятельности этих университетов.

В настоящее время большое распространение при оценке деятельности ведущих университетов получили авторитетные мировые рейтинги университетов, например, такие как Times Higher Education World University Rankings (THE WUR), Quacquarelli Symonds world university (QS), Academic Ranking of World Universities (ARWU) [9, 10, 11]. Заметим, что проведенный анализ действующих правил и методик авторитетных мировых рейтингов показал следующее – несмотря на широкое применение мировых рейтингов в качестве наглядного инструмента оценки конкурентоспособности университетов, они (рейтинги) обладают целым рядом недостатков: один и тот же университет в разных рейтингах может иметь позиции, существенно различающиеся между собой; вхождение университета в число лучших в одном мировом рейтинге не гарантирует ему (университету) высокие позиции в других мировых рейтингах; различные рейтинги могут по разному оценивать динамику позиций одного и того же университета; зачастую имеет место непостоянство методик оценки университетов в различных рейтингах и т.п. Дополнительно заметим, что при существующих подходах к построению в рейтинге оценки конкурентоспособности университетов вуз может получить хорошую итоговую оценку и занять достаточно высокое место в рейтинге, однако некоторые из показателей его деятельности могут быть средними или даже ниже средних, чем у его конкурентов. Эти недостатки построения итоговых оценок деятельности вузов в мировых авторитетных рейтингах могут быть преодолены, в частности, на основе подхода, предложенного в [5]. Авторами исследована возможность применения различных методов оценки конкурентоспособности и многокритериального ранжирования ведущих университетов мира на основе моделей и методов, относящихся к направлению интеллектуального анализа данных (Data Mining), что значительно повышает точность оценок и прогнозирования, а также существенно снижает субъективность экспертных оценок, которые заложены в методиках авторитетных мировых рейтингах.

В [12] обоснована и определена авторская модель глобально конкурентоспособного университета. В частности, университет считается глобально конкурентоспособным или обладающий свойством глобальной конкурентоспособности, если он входит в первую сотню хотя бы одного из авторитетных мировых рейтингов университетов. Сегодня лишь только один российский вуз - МГУ им. М.В. Ломоносова, удовлетворяет этому определению и является глобально конкурентоспособным, поскольку входит в Топ-100 авторитетного мирового рейтинга ARWU - 87 место. На основе информации, полученной из различных наукометрических баз данных, таких как InCite, Web of Science и Scopus, доказана воз-

возможность использования искусственных нейронных сетей для создания метода оценки глобальной конкурентоспособности и многокритериального ранжирования ведущих университетов в зависимости от объективных, количественных показателей их деятельности. Определены и обоснованы ключевые факторы, критерии и показатели деятельности университетов, в том числе и новые, которые существенно влияют на их глобальную конкурентоспособность. С этой целью разработан Алгоритм выбора ключевых факторов и показателей деятельности ведущих университетов, основанный на факторном анализе, системном подходе и экспертных оценках более 100 различных критериев наукометрических баз данных Web of Science, Scopus и InCites, которые существенно влияют на их глобальную конкурентоспособность. Результатом применения данного алгоритма является использование определенных объективных показателей деятельности университетов, что позволяет реально оценить возможности ведущих российских вузов по вхождению их в авторитетные мировые рейтинги. К новым показателям, в частности, относится такой, как «доля научных работ, написанных в международном соавторстве», поскольку он существенно влияет на оценки публикационной активности университета. Практическим результатом применения этого алгоритма является выбор 8 ключевых показателей деятельности университетов, значения которых существенно влияют на их позиции в авторитетных мировых рейтингах. К этим показателям относятся: 1. Академический штат / Количество студентов (Acad staff / Stdnt); 2. Преподаватели, имеющие иностранное гражданство / Академический штат (Acad staff int / Acad staff); 3. Количество присужденных научных степеней / Академический штат (Doctoral degree / Acad staff); 4. Число цитирований на одну публикацию с поправочным коэффициентом по странам (Normalized citation impact - country adj); 5. Количество публикаций в Web of Science за выбранный год (Papers); 6. Работы, написанные в международном соавторстве / общее число работ (Papers int co-author / Papers); 7. Доходы от научной деятельности / Академический штат (Res income / Acad staff); 8. Студенты, имеющие иностранное гражданство/общая численность студентов (Stdnt int / Stdnt). Заметим, что выделенные показатели деятельности университетов можно рассматривать как критерии оценки их конкурентоспособности. При этом сравнение реальных значений этих показателей для конкретного университета с эталонными, обеспечивающими глобальную конкурентоспособность вуза, будет указывать на возможности университета по вхождению его в авторитетные мировые рейтинги. Результатом практического применения данной модели является выделение кластера университетов-мировых лидеров, каждый из которых входит в топ-100 хотя бы одного из рейтингов THE WUR, QS, ARWU, а также рекомендации по направлениям

обеспечения и повышения конкурентоспособности ведущих университетов России в мировых рейтингах.

Заключение. Проведенное исследование позволило выявить сильные и слабые стороны рассмотренных выше моделей университетов-мировых лидеров. Применение этих моделей в российской высшей школе позволяет проанализировать состояние высшей школы России с самых разных позиций. Так, применение модели Дж.Салми позволяет сравнивать показатели деятельности российских университетов с эталонными требованиями к созданию и функционированию университетов мирового класса; применение флагманской модели Дугласа позволяет оценить деятельность российских университетов в разрезе их влияния на национальную экономику и развитие регионов, а применение модели глобальной конкурентоспособности университетов позволяет провести оценку и построить прогноз положения российских вузов в авторитетных мировых рейтингах. Существенные недостатки построения разных авторитетных мировых рейтингов университетов снижают практическую значимость их применения. Однако предложенный в [5] авторский подход к построению итоговой оценки университета позволяет не только избавиться от них, но и дает новые возможности для реального повышения конкурентоспособности российских вузов. Данный подход к построению итоговой оценки места университета в рейтинге использует объективные показатели деятельности университетов, выделяет группу университетов-мировых лидеров, а также дает возможность указать для конкретного университета реальные пути повышения его глобальной конкурентоспособности. В частности, данный подход позволяет обосновать и сформулировать следующий прогноз: Правительство Российской Федерации не сможет обеспечить вхождение к 2020 году пяти российских университетов в первую сотню ведущих мировых университетов согласно авторитетным мировым рейтингам.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-06-00221 «Математические методы исследования конкурентоспособности российских вузов на основе интеллектуального анализа данных».

Список литературы

1. Дорога к академическому совершенству: Становление исследовательских университетов / под. Ред. Дж. Альтбаха, Д. Салми; пер. с англ. – М.: Издательство «Весь Мир», 2012 – 381.
2. Исследовательские университеты США: механизм интеграции науки и образования / под ред. проф. В.Б. Супяна. — М. : Магистр, 2012. – 399 с.
3. Создание университетов мирового класса./Джамил Салми; пер. с англ. – М.: Издательство «Весь Мир», 2009 – 132 с.

4. The New Flagship University. Changing the Paradigm from Global Ranking to National Relevancy / John Douglass, Center for Studies in Higher Education on the

UC Berkeley, (2016) London,UK: Palgrave Macmillan; 1st ed. 2016 edition.

5. Мелешкин М.И., Забоев М.В. Использование карт Кохонена для оценки конкурентоспособности ведущих российских университетов среди мировых научно-образовательных центров. // Управленческое консультирование, 2014. — № 10. — С. 102-114.

6. Прохоров А.В. Модели университета в условиях глобализации / Известия высших учебных заведений. Приволжский регион. Гуманитарные науки. 2013. — № 3 (27). — С. 56-66.

7. Халин В.Г. Системы вознаграждения и академических контрактов профессоров Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе и Санкт-Петербургского государственного университета // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 5: Экономика. 2013. Вып. 3. С. 95 - 109.

8. Халин В.Г. Финансовое обеспечение государственных образовательных услуг в российской высшей школе в условиях инновационной экономики.// Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 5: Экономика. 2012. Вып. 4. С. 94-114.

9. Рейтинг университетов Academic Ranking of World Universities (Шанхайский рейтинг университетов мира) [Электрон. ресурс] // Режим доступа: <http://www.shanghairanking.com/ARWU2016.html> , свободный. Дата обращения 23.05.2017 г.

10. Рейтинг университетов Times Higher Education World University Rankings https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2016/world-ranking#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats , свободный. Дата обращения 23.05.2017 г.

11. Рейтинг университетов QS World University Rankings <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2016> , свободный. Дата обращения 23.05.2017 г.

12. Забоев М.В., Мелешкин М.И., Халин В.Г. Глобальная конкурентоспособность ведущих университетов: методы оценки и прогнозирования // Материалы X Международного Форума ОТ НАУКИ К БИЗНЕСУ «Университеты, бизнес и власть: итоги взаимодействия за 10 лет» 11-13 мая 2016 г. — СПб.: ООО «Мономакс», Издательство ВВМ, 2016. — 147 с. С. 133-135.

Чапайкина Мария Дмитриевна,
студент (магистр).

Калмыкова Светлана Владимировна,
к-т пед. наук, доцент.

Широкова Светлана Владимировна,
к-т техн. наук, доцент.

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТОМ
ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В КЛАССИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ (НА ПРИМЕРЕ ФГАО ВО СПБПУ ПЕТРА
ВЕЛИКОГО)**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29
swchirokov@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены электронные образовательные ресурсы; проведен анализ зарубежного и отечественного опыта внедрения электронного обучения в ВУЗе. Представлена модель бизнес-процессов «как есть» и «как должно быть» для процесса «Разработка электронных образовательных ресурсов» в СПбПУ. Предлагается использовать архитектурный подход для понимания бизнес-потребностей, их формализации, анализа и комплексного видения ВУЗа в реализации образовательных программ с применением электронного обучения.

Ключевые слова: электронное обучение, массовые открытые онлайн-курсы, архитектура предприятия, модель процесса.

Maria D. Chapaikina,
Master student.

Svetlana V. Kalmykova,
Associate Professor, Ph.D.

Svetlana V. Shirokova,
Associate Professor, Ph.D.

**SYSTEM APPROACH TO THE PROJECT MANAGEMENT OF THE
INTRODUCTION OF E-LEARNING IN THE CLASSICAL UNIVER-
SITY (USING THE EXAMPLE OF PETER THE GREAT
ST.PETERSBURG POLYTECHNIC UNIVERSITY)**

St. Petersburg Polytechnic University Peter the Great,
St. Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29.
swchirokov@mail.ru

Abstract. Electronic learning resources have been considered; an analysis of foreign and domestic experience of introducing e-learning in university has been carried out. The model of business processes SPbPU "AS IS" and "TO BE" for the process "Development of electronic learning resources" is presented. It is proposed to use the architectural approach to understand business needs, their formalization, analysis and integrated vision of the university in the implementation of educational programs using e-learning.

Keywords: e-learning, massive open online courses, enterprise architecture, process model.

0. Введение

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в последние годы электронное обучение стало неотъемлемой частью образовательного процесса в ВУЗах и используется во всех формах обучения. Особенно актуальным электронное обучение стало в условиях введения федеральных государственных образовательных стандартов нового поколения и связанного с этим сокращения объемов аудиторной работы, увеличения и расширения форм самостоятельной работы студентов.

1. Цель и задачи работы

Целью данной работы является разработка предложений по совершенствованию процесса внедрения электронного обучения в ФГАОУ ВО СПбПУ Петра Великого. Для достижения поставленной цели были проанализированы существующие виды электронных образовательных ресурсов; отечественный и зарубежный опыт внедрения смешанных технологий в образовательный процесс; нормативно-правовые основы и международные и национальные стандарты в области электронного обучения; определены основные бизнес-процессы при внедрении электронного обучения; построены модели бизнес-процессов организации электронного обучения в СПбПУ «как есть» и «как должно быть».

2. Обзор электронных образовательных ресурсов

К современным тенденциям развития электронного обучения относятся технологии Веб 2.0, мобильные технологии, дополненная и виртуальная реальность, массовые открытые онлайн-курсы (МООС). К основным элементам Веб 2.0 относятся Вики (Wiki), программное обеспечение как услуга (SaaS), блог, мобильные вычисления, социальные закладки, мэшап, социальные сети, YouTube, пользовательский контент (USG), Flickr, унифицированные коммуникации (UC), конструкторы сайтов, социально-сетевое коллекционирование информации (данных). Веб 2.0 позволяет построить совместное обучение. Например, блоги, социальные

сети для студентов являются неким публичным пространством для взаимодействия друг с другом [1].

Мобильные технологии – это разновидность электронного обучения, основанная на использовании персональных мобильных устройств (планшетов, смартфонов) в учебном процессе для получения учебных материалов и беспроводных каналов связи (WAP, GPRS, WiFi). Выделяют такие категории мобильного обучения как технологическое мобильное обучение, миниатюрное, но портативное электронное обучение, обучение, связанное с аудиторией, неформальное, персонализированное, ситуационное мобильное обучение, мобильное обучение/поддержка эффективности и удаленное, развивающееся мобильное обучение [2].

Под дополненной реальностью понимается технология, которая позволяет интегрировать цифровую информацию с пользовательской средой в реальном времени. В отличие от виртуальной реальности дополненная реальность использует существующую среду, а не искусственную среду, и поверх нее накладывает новую информацию. С помощью дополненной реальности создать музейную экспозицию, в страницы книги добавить выразительную анимацию, превратив чтение в увлекательную игру [3].

МООС – это обучающие курсы с массовым интерактивным участием с применением технологий электронного обучения и открытым доступом через Интернет [4]. Такие курсы предполагают наличие видеоматериала, практических заданий, мощной инфраструктуры, специальных форумов для взаимодействия студентов с преподавателями. Наряду с МООС активно развиваются SOOC (small private online courses). SOOC размещаются на внутренних LMS и используются только для обучения студентов внутри университета.

3. Анализ отечественного и зарубежного опыта применения электронного обучения в ВУЗе

В рамках исследования был изучен отечественный опыт внедрения электронного обучения в ТГУ, МГУ, МЭСИ, СФУ, МИСиС, ИТМО, ВШЭ, МПТ, Восточно-китайском педагогическом университете, Университете Западной Австралии и Научном университете Малайзии. Анализ опыта внедрения электронного обучения в ВУЗах показал, что данный процесс является сложным и комплексным, и его можно разделить на несколько этапов:

1. Подготовительный этап: на данном этапе необходимо создать информационную электронную образовательную среду ВУЗа. Для реализации данного этапа в ТГУ были использованы такие образовательные платформы как: «Электронный университет» и «Moodle». Функционал данных платформ позволяет: осуществлять централизованное хранение

данных в системе, использовать различные ролевые модели доступа к работе с данными, взаимодействовать участникам в специальной среде. Кроме внутренних платформ, ТГУ использует внешние платформы такие как Coursera, Национальная платформа. МЭСИ также реализует электронное обучение посредством LMS – СДО «Прометей», Moodle, Виртуальный Кампус [5].

2. Разработка регламентов. Данный этап является одним из самых трудоемких, но, в тоже время, ключевым. Происходит описание основных бизнес-процессов, определение ответственных и иерархии их отношений, формируются требования к системам мониторинга качества.

3. Создание организационной структуры системы ЭО. В качестве удачного примера реализации данного этапа следует привести линейно-функциональную иерархическую структуру системы управления электронным обучением в ТГУ [5].

4. Обучение сотрудников и повышение их квалификации. В целях повышения эффективности данного этапа применяются телекоммуникационные средства, позволяющие осуществлять консультирование преподавательского состава по вопросам работы в онлайн и оффлайн режимах.

Реализация представленных выше этапов создает базу для разработки электронных образовательных ресурсов.

4. Организация и использование электронного обучения при реализации образовательных программ высшего образования в СПбПУ

Понимание бизнес-потребностей, их формализация, анализ и комплексное видение предприятия позволяют правильно определить цели любого проекта. Получить это понимание позволяет архитектурный подход. Модель архитектуры предприятия используется для проектирования будущего состояния компании, для анализа существующего состояния, а также для представления альтернативных сценариев развития. Одной из основных функций архитектурного подхода является создание системного взгляда на предприятие. Использование системного подхода позволяет выявить основные бизнес-процессы организации [6].

В работе представлено мотивационное расширение (рис.1), которое используются для моделирования мотивации, или причин, которые лежат в основе проектирования или изменения архитектуры предприятия. Эти мотивы руководят проектом и влияют на его выполнение и бизнес-слой (ракурсы бизнес-процессов и бизнес-функций) СПбПУ, который описывает деятельность и развитие СПбПУ, а также его окружение. Бизнес-модель СПбПУ реализации образовательных программ высшего образования с применением электронного обучения построена на основе модели Остервальда и состоит из 9 основных блоков.

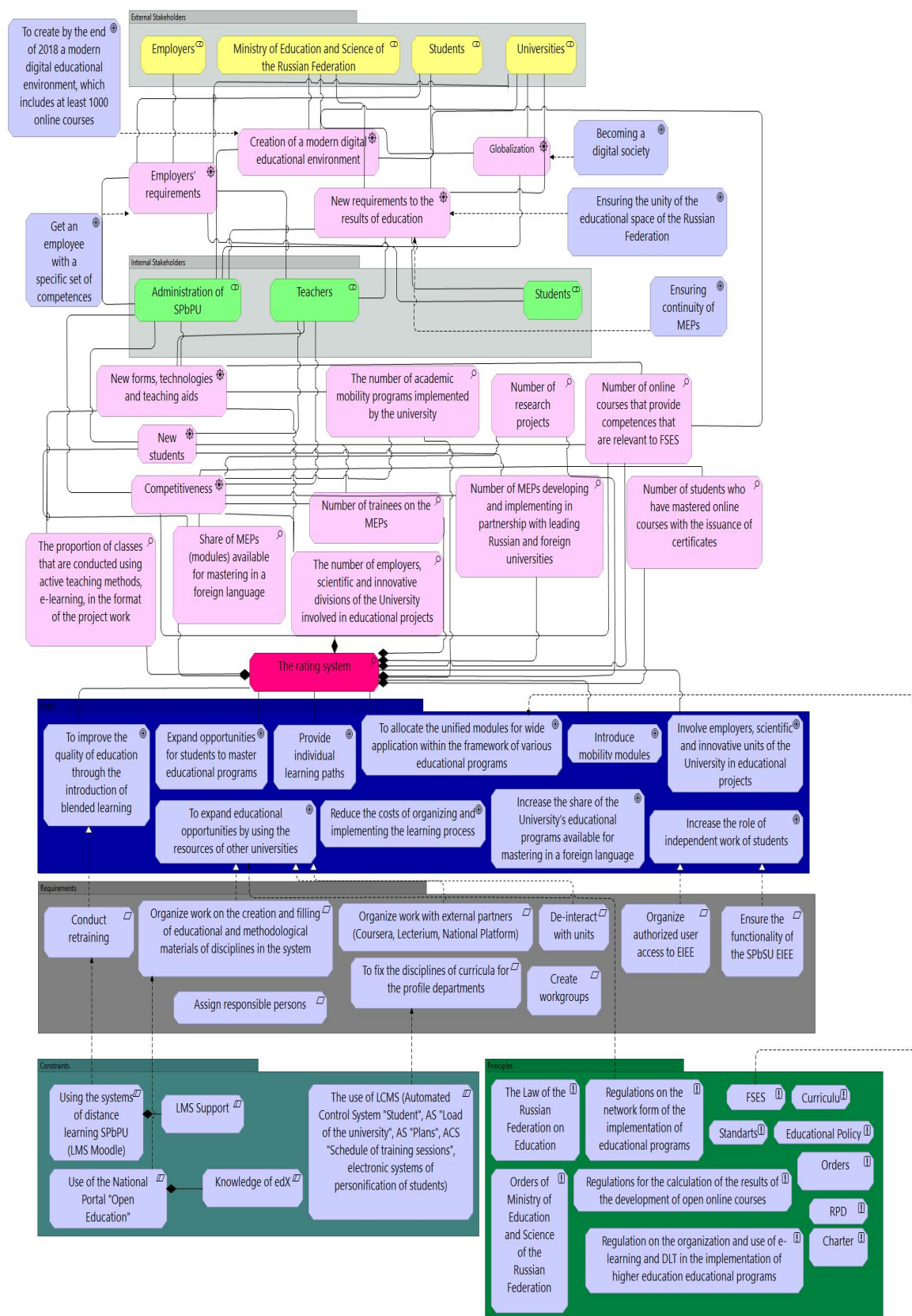


Рис. 1. Мотивационное расширение

Среди партнеров СПбПУ — ведущие мировые высокотехнологичные компании, крупнейшие университеты-партнеры, партнеры, реали-

зующие проекты в области онлайн-образования. От ключевых партнеров университет получает профессиональные компетенции с углубленной проработкой технического материала. Основными каналами поставки являются дистанционные образовательные технологии и электронные образовательные ресурсы. Общие доходы СПбПУ складываются из государственного финансирования и внебюджетного финансирования. Доходы от применения электронного обучения формируются за счет курсов повышения квалификации, инвестиций от заинтересованных сторон и оплаты сертификатов.

Для определения состояния ВУЗа на сегодняшний день был применен SWOT-анализ, который показал, что к сильным сторонам СПбПУ относится наличие электронной информационной образовательной среды. IT-инфраструктура и технологии Университета отвечает современным требованиям и имеет возможности развития [7]. Успешно функционирует и развивается LMS Moodle. К слабым сторонам относится оптимизация персонала, что приводит к отсутствию поддержки курсов на внешних платформах. Отсутствие единой системы авторизации, отсутствие корпоративных почт студентов также затрудняет процесс применения электронного обучения, отсутствие курсов на английском языке не позволяет привлекать иностранных студентов.

Разработка ЭОР является трудоемким и основным процессом. Декомпозиция 1 уровня процесса «Разработка ЭОР» в СПбПУ представлена на рисунке 2.

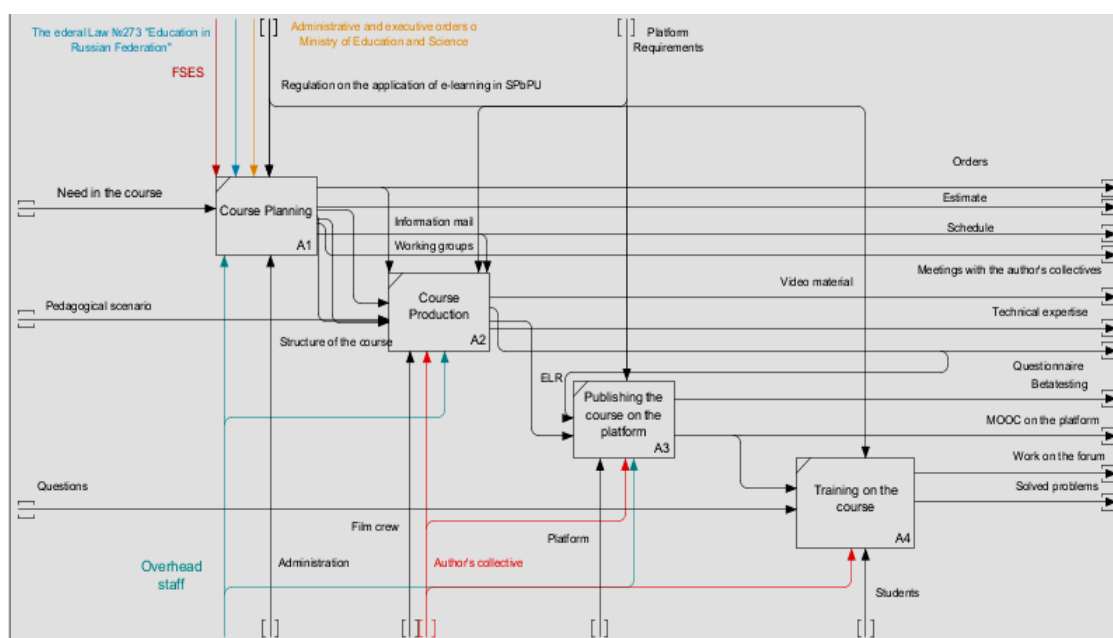


Рис. 2. Разработка электронных образовательных ресурсов (модель AS-IS)

Процесс разделен на 4 подпроцесса: планирование курса, производство курса, публикация курса на платформе и обучение на курсе. На эта-

пах планирования и производства курса проводится конкурс, формируются рабочие группы, согласуется график работ, согласуется и утверждается структура курса, рассчитывается стоимость курса, утверждается смета и стоимость видео (1 минуты), проводятся встречи с авторскими коллективами (приложение). Ориентировочная стоимостная оценка производства одного МООС на Национальную платформу, рассчитанного на 16 недель составляет 519 178, 70 рублей.

Найденные в модели AS-IS недостатки исправляются путем создания модели TO-BE, т.е. модели новой организации процессов на предприятии. На основе качественного анализа процесса и представленных отечественных и зарубежных практик предложена новая модель, в которую входят 2 новых подпроцесса (Продвижение курса и Анализ), а также учитывается содержательная экспертиза курсов на выходе из подпроцесса «Планирование курса» (рис.3).

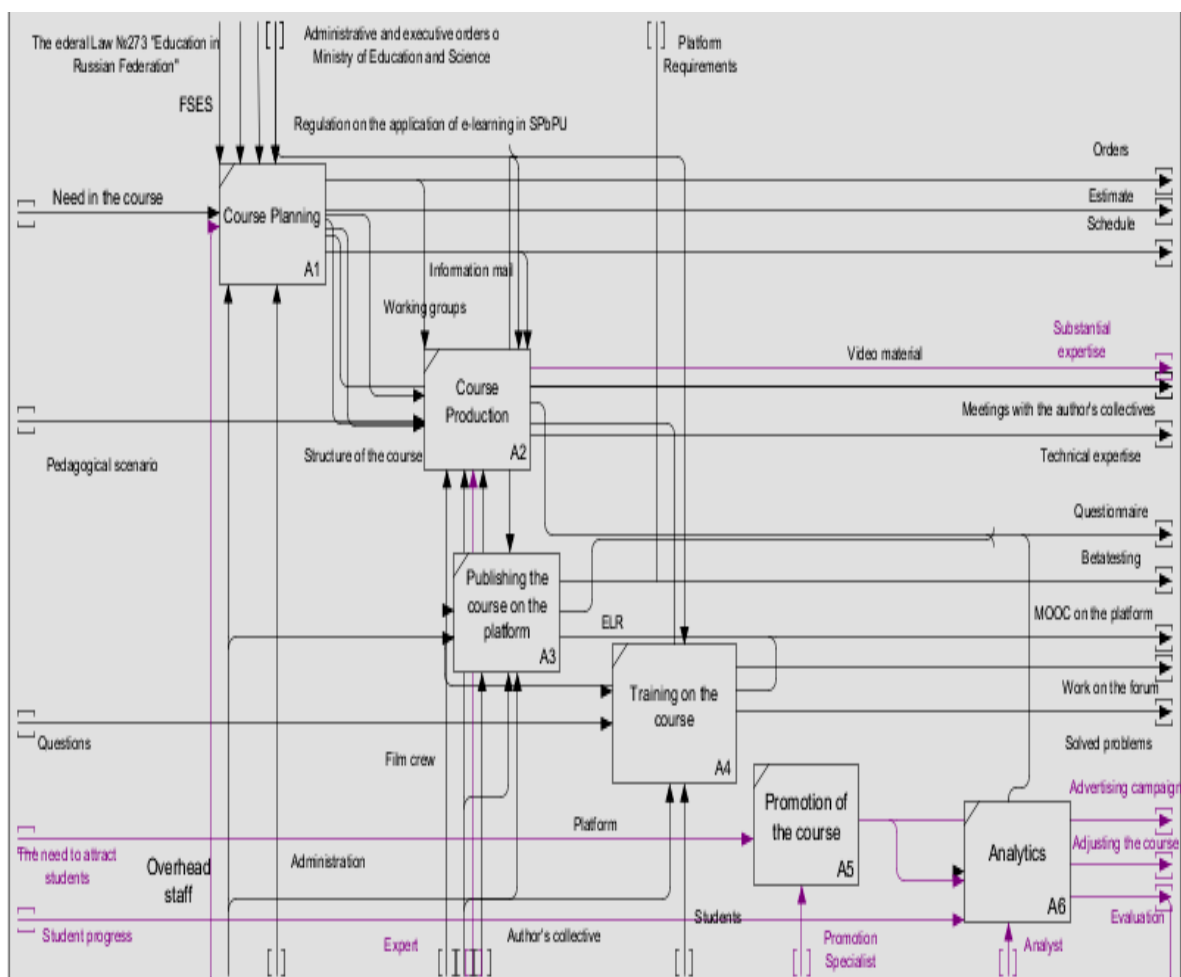


Рис. 3. Разработка электронных образовательных ресурсов (модель TO-BE)

Продвижение МООС необходимо для того, чтобы повысить узнаваемость, сформировать репутацию университета. Маркетинговая ком-

пания должна строиться, в первую очередь, на уровне университета. Для продвижения своего курса авторы могут рассказывать о нем коллегам в социальных сетях, на сайте университета. Обязательно необходимо отслеживать к какому результату приводит выстроенная маркетинговая кампания, чтобы осуществить первичный анализ можно воспользоваться инструментами Google Analytics и Яндекс.Метрики [8].

Анализ процесса обучения необходим для совершенствования понимания процесса обучения студентов. Анализ обучения подразумевает не только проведение опросов среди слушателей, но и анализ цифрового следа (видео, пройденный тест, оставленный комментарий). Анализ процесса обучения также полезен для разработки структуры онлайн-курсов. Анализ позволит выявить явные и скрытые модели онлайн-взаимодействия студентов.

Заключение

Применение электронного обучения позволяет удовлетворять потребности современных студентов, автоматизировать процесс промежуточного и итогового контроля знаний, обмениваться знаниями и развивать сотрудничество между ВУЗами, стимулировать студентов к самостоятельной работе, переопределять роль преподавателя в образовательном процессе, а также содействует повышению компьютерной грамотности.

В результате проведенного исследования были выделены следующие проблемы:

- Отсутствие стратегии развития электронного в СПбПУ.
- Отсутствие адаптивных курсов и курсов на английском языке.
- Отсутствие технических требований к компонентам электронных образовательных ресурсов, положения о балльно-рейтинговой системе СПбПУ.
- Отсутствие содержательной экспертизы курсов.
- Отсутствие процесса продвижения курсов и аналитики.

Список литературы

1. **Петров А.Е.** Технологии дистанционного обучения в системе непрерывного образования. // Открытое образование. 2013 №(5(100)). С. 47-51.
2. **Голицына И.Н.** Мобильное обучение как новая технология в образовании. // Образовательные технологии. 2011 №1. С. 241-243.
3. **Катханова Ю. Ф.** Технология дополненной реальности в образовании // Педагогическое мастерство и педагогические технологии: материалы VIII Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 17 июля 2016 г.) 2016. № 2 (8). С. 289–291.
4. **Тихонов, А.И.** Массовые и частные онлайн-курсы // Education. 2015. № 9 (16)-1. С. 121-123

5. *Бабанская О.М., Можяева Г.В., Сербин В.А., Фещенко А.В.* Системный подход к организации электронного обучения в классическом университете. // Открытое образование. 2015. №(2(109)). С. 63-69.

6. *Ильин И.В., Ильяшенко О.Ю., Лёвина А.И., Широкова С.В., Дубгорн А.С.* Формирование проекта по интеграции технологий обработки больших данных в архитектуру предприятия // В книге: Неделя науки СПбПУ Материалы научного форума с международным участием. Междисциплинарные секции и пленарные заседания институтов. 2015. С. 92-102.

7. *Волкова В.Н., Широкова С.В.* Разработка критериев инновационности учебно-методических комплексов // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2008. – № 2. – С. 24-29.

8. *Shirokova S.V., Iliashenko O.Y.* «Decision-making support tools in databases to improve the efficiency of inventory management for small businesses», Recent Advances in Mathematical Methods in Applied Sciences. Proceedings of the 2014 International Conference on Mathematical Models and Methods in Applied Sciences (MMAS '14). Proceedings of the 2014 International Conference on Economics and Applied Statistics (EAS '14), St. Petersburg, 2014, pp. 204—212.

УДК 004.94

*Ребус Наталья Анатольевна
Романова Елена Владимировна*
ст. преподаватели кафедры ИМ

РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ И ТЕНДЕНЦИИ ЕГО РАЗВИТИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Москва, Университет «Синергия», natrebus@yandex.ru,
МТУ (МИРЭА), porabot@inbox.ru

Аннотация: Компетентностная модель специалиста является сложным многоуровневым образованием, где отдельным знаниям сопоставлены объекты, критериям практической подготовки — конкретные материализованные свидетельства, а личностным и профессиональным аспектам — данные тестов и собеседований. Междисциплинарность синергетики позволяет вырабатывать новые подходы ИТ-образованию, к эффективному использованию компетентностного подхода к формированию профессиональных навыков у обучаемых. Предлагается использование модульных технологий организации образовательного процесса.

Ключевые слова: профессиональная ориентация, синергетика, компетентность, образование

*Natalya A. Rebus,
Elena V. Romanova,*
Senior Lecturer

IMPLEMENTATION OF THE COMPETENCY APPROACH FOR PROFESSIONAL ORIENTATION AND DEVELOPMENT TRENDS IN EDUCATION

Moscow, University "Synergy", natrebus@yandex.ru,
MTU (MIREA), porabot@inbox.ru

Abstract: The Competence model of a specialist is a complex multi-level education, where individual knowledge is mapped objects, the criteria of practical training — specific materialized evidence, and the personal and professional aspects — data tests and interviews. The interdisciplinary approach of synergetics allows us to develop new approaches to IT-education, to make effective use of the competence approach to the formation of professional skills of trainees. The use of modular technology of educational process organization.

Key words: professional orientation, synergy, competence, education

Сегодняшний момент развитие компаний и вообще всех отраслей деятельности хозяйствующих субъектов государства, фактически их конкурентоспособность, напрямую зависит от уровня специалистов, работающих в них. Для личности это профессиональное самопроектирование в условиях информационного общества.

Информатизация всех сфер деятельности, стремительное устаревание знаний, а также формирование стандартов нового поколения, всё это в значительной степени обуславливает необходимость постоянного повышения квалификации и уровня образования сотрудников. В настоящее время основой успешной профессиональной деятельности являются не разрозненные знания, а обобщенные умения решать как профессиональные, так и жизненные проблемы. В связи с этим возможность своевременно готовить квалифицированные кадры становится для компаний одной из приоритетных задач. [1]

В настоящее время одним из основных требований при приеме на работу является подтверждение компетентности соискателя. Профессиональная гибкость, мобильность, готовность учиться на протяжении всей жизни становятся важнейшими качествами специалиста. В условиях быстро развивающихся технологий, и молодёжи, и специалистам необходимо готовить себя к непрерывному процессу профессионального самосовершенствования, выявлению у себя всё новых способностей. Важно

научиться отслеживать свои дарования и соотносить их с общественным запросом. Такой подход к труду будет индикатором профессиональной самореализации сотрудников и даст компаниям дополнительный рост. Акцентируем внимание на информационной отрасли.

Стратегические задачи нынешнего века опираются на новые междисциплинарные технологии, требующих знания о человеке и представляющих конкретный прогноз и методы проектирования, что подразумевает количественное описание, использование формализованных моделей и методов прикладной математики. Основой для проведения таких мероприятий становится система образования.

Сегодня новые образовательные технологии находят своё активное применение в учебном процессе, и практика показывает, что реализация компетентностного подхода способна обеспечить соискателям должный уровень получения образования, а учебным заведениям конкурентные преимущества. Можно отметить, что стоит рассматривать развитие информационных технологий (ИТ), окружающей среды и общества, высшего образования, воспроизводства кадров в науке и образовании с точки зрения синергетики и нелинейной динамики. «У человечества нет времени и ресурсов на поиск пути в будущее методом проб и ошибок. Мы должны на основе моделирования и системного анализа увидеть этот путь и показать его миру», - говорил С.П. Курдюмов, являвшийся одним из основоположников теории самоорганизации или синергетики в России. [2]

Синергетический подход к анализу данного направления позволяет определить поведение этой открытой системы в условиях неопределенности, выявляет закономерности и тенденции развития системы рынка образовательных услуг по профессиональной ориентации. В этом аспекте важным является своевременная и качественная подготовка ИТ-специалистов, способных решать указанные выше задачи.

Технический прогресс сегодня развивается столь быстрыми темпами, что ИТ-образование не успевает за темпами экспоненциального развития ИТ в целом. Изменения, происходящие в этой области, сегодня столь масштабны и значительны, что система ИТ-образования может оказаться в неустойчивом состоянии.

Компетентностный подход проявляется как обновление содержания образования в ответ на изменяющуюся социально-экономическую реальность, как обобщенное условие способности человека эффективно действовать за пределами учебных ситуаций. [3] Этот подход содержит два базовых понятия: компетенция и компетентность

Встречается множество трактовок и определений терминов компетенция и компетентность, например:

- компетентность представляется радикальным средством модернизации;
- компетентность характеризуется возможностью переноса способности в условия, отличные от тех, в которых эта компетентность изначально возникла.

Общим для всех определений является понимание компетентности как способности личности справляться с самыми разными задачами.

По видам компетенции можно классифицировать следующим образом: ключевые, базовые, функциональные.

Ключевые – это компетенции, необходимые для жизнедеятельности человека и связанные с его успехом в профессиональной деятельности в быстроизменяющемся обществе.

Базовые – это компетенции, отражающие специфику определённой профессиональной деятельности.

Функциональные компетенции представляют собой совокупность характеристик конкретной деятельности и отражают набор функций, характерных для данного рабочего места.

В западной культуре компетентность рассматривается как "способность к решению задач и готовность к своей профессиональной роли в той или иной области деятельности" и отражает существующий баланс интересов общества, образовательных институтов, работодателей, а также потребителей услуг.

В отношении специалистов для IT-индустрии больше подойдёт трактовка понятия компетентность как готовность специалиста включиться в определённую деятельность. В данном случае компетенции могут иметь следующие составляющие:

- знание и умение собирать или извлекать информацию;
- применение существующей схемы организации или классификации;
- обобщение сравнение и противопоставление данных;
- возможность суждения о качестве, важности, полезности, эффективности информации;
- способность генерировать информацию, адаптируя, применяя, проектируя её.

Компетенция предъявляется работодателями и обществом в виде некоторых специфических ожиданий, связанных с профессиональной деятельностью выпускника.

Соответствие индивидуальных показателей ожиданиям работодателя можно считать основным показателем компетентности.

Компетентностный подход предполагает чёткую ориентацию на будущее, которая проявляется в возможности построения своего образования с учётом успешности в личностной и профессиональной деятельности. Он переносит акцент с оценивания знаний к оцениванию способностей и процессов, что заставляет отказаться от догматического заучивания понятий, правил и принципов.

В системе образования существует ряд проблем, которые влияют на возможность применения компетентностного подхода:

- наличие учебника, в том числе, его актуальности в условиях развивающихся современных тенденций;
- изменение государственных образовательных стандартов;
- уровень квалификации преподавателей;
- противоречивость различных идей и представлений, бытующих в современном образовании.

Так же можно выделить проблему несоответствия профессионального образования структуре потребностей рынка труда, отсутствия эффективного взаимодействия учебных заведений с работодателями, поэтому задачу формирования ключевых компетенций следует рассматривать как задачу управления. С позиции синергетического подхода основным фактором равновесия системы профессиональной ориентации является государственное регулирование в области образования на основе согласованной коммуникативности между рынком образовательных услуг и рынком труда.[4]

Наиболее продуктивным и содержательным направлением решения проблем компетентностного подхода является разработка на локальном уровне стандартов образовательно-профессиональных компетенций. Разумеется, эти стандарты должны полностью обеспечивать реализацию государственных образовательных стандартов, но не только.

В основе реализации компетентностного подхода и формировании ключевых компетенций лежит оценка и мониторинг компетенций. Он предполагает использование модульных технологий организации образовательного процесса.

Формирование ключевых компетенций имеет наибольший разброс мнений; т.к. используются и европейская система ключевых компетенций, и российские классификации, в составе которых представлены ценностно-смысловая, общекультурная, учебно-познавательная, информационная, коммуникативная, социально-трудовая компетенции и компетенция личностного самосовершенствования. Описание компетенций обязательно должно включать нормативную модель диагностических процедур, позволяющих организовать аттестационные процедуры. В рамках модели, определяются статус и условия применения всех методов контроля. На пути реализации компетентностного подхода в образова-

нии серьёзным вопросом является оценка компетентности, решение которого возможно при использовании новейших моделей и инновационных методов компьютерного тестирования.

В современных условиях наиболее востребованными средствами оценки знаний являются специальные автоматизированные системы, они лишены таких недостатков, как неоднородность требований, субъективность экзаменаторов, но классические системы электронного тестирования предназначены для оценки знаний, а не компетенций, поэтому не могут решить новые задачи образования. При комбинации различных подходов можно создать систему, способную выявлять знания и подготовленность обучающегося, его способность ориентироваться и находить решения в новых проблемных ситуациях, требующих творческой деятельности. При оценке компетенций обучающийся должен попадать в ситуации, требующие практического применения знаний, навыков, иметь возможность предложить разные способы решения задачи, а также продемонстрировать понимание сложных взаимосвязей и сути поставленной задачи.

Текущая реальность имеет свои законы, свои риски, свои возможности. Поэтому вновь и вновь встает вопрос о развитии человека – интеллектуальном, физическом, психологическом, эмоциональном, профессиональном, как будущего лидера.

В странах с развитой рыночной экономикой, согласно известной «теории человеческого капитала», обычно предполагается, что более 2/3 доходов от получения конкретным человеком профессионального образования получает общество и менее 1/3 он сам, что в течение профессиональной жизни специалиста затраты на его образование окупаются в среднем в 5-ти, а иногда и в 10-ти кратном.

Это мотивирует обучающихся взять ответственность за собственное образование, и располагает к самостоятельному, инициативному и творческому освоению учебного материала в процессе познавательной деятельности. Инновации в профессиональной ориентации населения в России в настоящее время должны обеспечивать решение стратегических задач по переходу страны на траекторию прогрессивного устойчивого развития.

Список литературы

1. Болотов В.А., Сериков В.В. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе // Педагогика. 2003. № 10. С. 8-14.
2. Агеев А.И., Курдюмов В.С., Малинецкий Г.Г., Проектирование будущего, кризис и идеи Курдюмова С.П., – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nonlin.ru/node/898> (дата 20.05.2017)
3. Байденко В.И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального

образования (методологические и методические вопросы): Методическое пособие: М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.-114с.

4. Келейникова В.А., Романова Е.В. К вопросу системного анализа процесса «Инновационное развитие образования» с позиций нелинейной динамики сложных систем и синергетики //Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО, 2010г № 4, с.137-144

5. Зимняя И.А. Ключевые компетенции - новая парадигма результата образования//Высшее образование сегодня. 2003. №5. С.34-42

6. Хуторской А.В. Ключевые компетенции и образовательные стандарты // Интернет-журнал "Эйдос". – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://eidos.ru/journal/2002/0423.htm> (дата 20.05.2017)

7. Ребус Н.А. Современные методы повышения мотивации в образовательной практике.//Материалы Международной научно-практической конференции «Современное образование: Векторы развития», Москва, МГПУ, 2016 г.

УДК 378.147.68.015.32

Тунда Елена Александровна

ст. преподаватель кафедры прикладной информатики

ОБ ИНТЕРАКТИВНЫХ ФОРМАХ ОБУЧЕНИЯ

Россия, Томск

Национальный исследовательский Томский государственный
университет
etunda@yandex.ru

Аннотация. Как и в любой системе, в образовании действие системы зависит не от того, как **действует** каждая часть (преподаватель и ученик), а от того, как они **взаимодействуют** (это свойство системы называется эмерджентностью и синергией). В процессе обучения невероятно важно осуществление личного общения преподавателя и студентов. В данной статье рассматриваются проблемы педагогического процесса при обоюдном обсуждении целей студента и преподавателя, – проблемы интерактивного обучения.

Ключевые слова: высшее образование, продуктивные отношения, непродуктивные отношения, реформы образования, проблемы обучения.

Elena A. Tunda

Senior lecturer, Applied Informatics Department

ON INTERACTIVE FORMS OF TEACHING

Russia, Tomsk, National Research Tomsk State University

etunda@yandex.ru

Abstract: In education, as in any system, the action of a system does not depend on how each part acts (the teacher and the student), but on how they interact (this property of the system is called emergence, or synergy). In the process of teaching, it is extremely important to carry out personal communication between the teacher and students. This article considers problems of the pedagogical process during a discourse on the goals of the student and the teacher, the problems of interactive teaching.

Keywords: higher education, productive relations, unproductive relations, education reforms, problems of teaching.

Первый шаг системной технологии решения проблемы – выявление всех взаимосвязанных проблем в системе, что максимально проясняет проблемную ситуацию и позволяет системе эффективно эволюционировать к цели своего существования [1]. Вообще, российской системе образования в настоящее время не достаёт системного осмысления целей образования. Остановимся на одной из самых животрепещущих проблем – сбоях в самом учебном процессе.

Система «преподаватель-студент» стала носить формальный характер. От преподавателя требуется провести занятие, от студента – получить положительные отметки. И всё! Эмоциональный человеческий контакт, доверительные отношения между ними складываются всё реже и реже. О взаимном творческом процессе преподавателей и студентов, когда от учителя к ученику при очном общении передаются научные знания, умения и нарабатываются навыки, похоже, скоро и речь вести не будут. А зачем? Предлагается, например, развивать систему МООС. Дальше всё как «по маслу»: желающий обучиться сам (в соответствии с демократическим принципом свободы выбора) через интернет выбирает себе обучающие курсы и обучается дистанционно. По окончании обучения получает, по-прежнему дистанционно, электронный сертификат. *Преподаватель становится ненужным в принципе.* Достаточно разработчика дистанционных образовательных курсов. И что интересно, *никто не несёт ответственности за качество усвоения учебного мате-*

риала учащимися. Неужели достижение таких результатов относится к высшим ценностям демократических принципов развития образовательной системы в России?

Проведённые реформы образования (ЕГЭ, система показателей, рейтинговое оценивание успешности работы учёных, преподавателей, студентов, школ и вузов) слишком быстро набрали обороты. Непосредственные участники учебного процесса не просто не успели выстроить продуктивные взаимоотношения, а вообще постепенно стали отчуждаться от самого процесса образования. Системный аналитик, который может предвидеть последствия развития в системе упрощённых (в смысле однотипности, бедности содержания) связей сказал бы: «Нарушены связи. Система есть, но она заформализована прописанными до мелочей правилами, процедурами, регламентами. У системы вроде бы и есть цель, но она совершенно не согласована с целями её подсистем». Результат такого развития системы хорошо описан в баснях Ивана Андреевича Крылова. В итоге: показателей много, а толку мало. Образованных молодых людей в России становится всё меньше и меньше.

Попробуем на этом фоне рассмотреть систему образования с позиций системного анализа. Для начала выделим основных участников системы – преподавателей и студентов. Образовательное учреждение призвано воспитывать, оказывать развивающее влияние на обучаемого при условии существования освоенной самим учреждением развитой педагогической среды. Как и среда обитания, педагогическая среда, в зависимости от архетипа её структуры, либо поддерживает жизнедеятельность организма (учреждения), либо угнетает её. В свою очередь, общеобразовательные учреждения либо поддерживают жизнедеятельность страны, либо угнетают её. Всё в нашем мире взаимосвязано и взаимообусловлено [2]. Смысл педагогического освоения среды – в управлении через неё процессом формирования и развития личности [3]. Заметим, что этот процесс взаимообусловлен для преподавателей и студентов – формируются и развиваются эти две категории участников процесса образования в сотворчестве, и только в сотворчестве. Обе категории должны дорожить друг другом, поддерживать друг друга, сотрудничать. Иначе – «лебедь, рак и щука» или «осёл, козёл и косолапый мишка».

Действительно, обучаемый может проявить в процессе освоения организованной для него среды обучения инициативу и активность или выказать поведение пассивное, иногда даже агрессивное. Задача педагога с момента начала процесса обучения донести до обучаемого важность изначального выстраивания и поддержания продуктивных взаимообусловленных отношений. Это и основа будущих профессиональных от-

ношений, это и самый продуктивный способ приобретения знаний, умений и навыков.

В настоящей работе предлагается пример диалога между двумя студентами С1, С2 и преподавателем П. Обсуждаются продуктивные и непродуктивные отношения, понимание которых служит основой выработки взаимоотношений в образовательной среде.

ДИАЛОГ:

П. – Давайте обсудим взаимодействие людей в коллективе, продуктивность или непродуктивность складывающихся между ними отношений. В связи с этим порассуждаем о возможности или невозможности утверждать, что продуктивность взаимодействия зависит от того, какие потребности формируются в процессе совместной деятельности.

С1. – Разве они формируются? Разве они, эти потребности, уже не существуют у каждого, кто пришёл в коллектив?

П. – Цель имеется у каждого, а вот потребности формируются в процессе совместной деятельности по достижению цели. Каждый новый сотрудник вливается в коллектив с определённой личной целью, но и у организации тоже есть своя цель.

С2. – Известно, что руководителю для решения поставленной задачи нужна слаженная работа сотрудников в коллективе. Но не все сотрудники могут или желают вносить максимальный вклад в общее дело.

П. – Во-первых, максимизация вкладов отдельных сотрудников не приводит к максимальной результативности работы всего коллектива (из-за свойства эмерджентности систем). Каждый должен вносить тот вклад, который в рамках совместной деятельности обеспечивает достижение общей цели коллектива. И, во-вторых, если вы считаете, что именно слаженность или неслаженность взаимодействий определяют продуктивность или непродуктивность отношений, то, как вы думаете, что может быть следствием того и другого?

С2. – Продуктивное взаимодействие приносит человеку удовлетворённость, чувство самореализованности. Можно сказать даже, что у человека жизненные силы прибавляются – как говорят «крылья вырастают».

С1. – А непродуктивное взаимодействие сопровождается отрицательными эмоциями разочарования, неуверенности, тревожного ожидания, страха и даже паники.

С2. – Как это, отрицательными эмоциями? А если сотрудник предпочитает поменьше работать (он предпочитает общение по телефону или интернету), но побольше получать за свой труд? Это же положительная эмоция?

П. – Здесь нет оговорки. Эмоция – отрицательная! Человек осознаёт, что делает что-то не то или не так. Это беспокоит его. Возникает неуверенность и, как следствие, тревога, страх и даже отчуждение себя от других. А это уже начало депрессии, деструктивного процесса саморазрушения.

С2. – Я не думаю, что нерадивого сотрудника обязательно будет беспокоить тревога. Может быть, такого сотрудника просто сама жизнь хорошо обустроила изначально, скажем, как Емелю печкой.

С1. – А может быть, его вынуждают так себя вести постоянными окриками «Не высовывайся!» или (любопытному) «Ишь, какой любопытный!»

П. – Хорошо. Давайте остановимся на этих вопросах подробнее. Психолог **Эрих Фромм выделил следующие виды межличностных отношений**: симбиотические; отчуждённость и разрушение; любовь [4].

При симбиотических отношениях человек связан с другим, но при этом либо теряет, либо вообще никогда не достигает самодостаточности. Он избегает опасности одиночества, становясь частью другого человека, будучи или поглощённым другой личностью или поглощающим её.

Отчуждение – это уход в себя, что возникает в ситуации собственного бессилия, когда другие воспринимаются как носители угрозы. **Деструктивность** – это активная форма отчуждённости; потребность разрушать личность другого возникает из страха быть разрушенным этим другим. Это извращённая форма стремления к жизни; это энергия «непрожитой» жизни, трансформируемая в энергию разрушения другой, действительной жизни.

Любовь – продуктивная форма отношения к другим и к самому себе. Это выражение близости между двумя людьми при условии сохранения целостности личности обоих. Есть общие свойства, считает Э. Фромм, присущие всем формам продуктивной любви. Это забота, ответственность, уважение и знание.

С1. – Теперь понятно. Один отлынивает от работы за счёт других или кого-то одного, другой, с так называемым деструктивным поведением, уходит в себя, смирившись с трудностями и имея при этом малый КПД. А кто-то и вовсе вредит выявленным «соперникам», доказывая, что он их лучше. Что-то грустная картина получается. Есть ли выход?

С2. – Эрих Фромм сказал про любовь. А если я кого-либо терпеть не могу? А работать надо вместе, в коллективе! Может, уйти в другой коллектив?

С1. – Любовь означает заботу, ответственность, уважение и знание.

С2. – Не хочу я заботиться о лодыре. И уважать его не хочу!

С1. – Согласен. Не должно быть лодырей. Нужно поручить человеку дело, а потом спрашивать, как следует. И наказывать, если не справляется!

С2. – А любовь где тогда? Может нужно не поручать, а доверять работу? И доверять работу знающему, умеющему, с профессиональными навыками.

С1. – Согласен. Компетентному в своей профессиональной области. Но мне кажется, что этого недостаточно.

П. – Я согласен, что недостаточно.

С1. – В коллективе любовь – это проявление заботы (например, о сотруднике), ответственность (например, за дело), уважение (например, труда и личности других), знание с умением профессиональные и знание, как сочувствование человека. А также толерантность (уживчивость, умение считаться с чужим мнением и прощать недостатки). Может так?...

В воображаемой беседе не поставлена точка. У каждого участника диалога, в том числе и у читателя, есть своя точка зрения, которая нуждается в дальнейшем развитии. Кроме того, совершенно не затронуты вопросы о нравственности, лежащей в основе любой педагогической парадигмы, о дисциплине, о культуре, и т.д., и т.п. Участники любого учебного процесса волей или неволей оказываются втянутыми в процесс педагогического освоения среды обучения. Следовательно, вопросам этого освоения нужно уделять как можно больше внимания! В предложенном разговоре не участвовал преподаватель, который педагогику и психологию не только не считает за науки, но даже их отрицает, и не придаёт значения влиянию непродуктивных отношений на качество образования и формирование профессиональных отношений. Также в разговоре не участвовал классический «вечный» студент. Не затрагивались вопросы о повсеместном отвлечении на различные гаджеты (телефоны, айфоны, планшеты и пр.) во время занятий. Нерассмотренных вопросов, на самом деле, существует ещё множество, но...

Для целей проведения обучающих интерактивных занятий нами средствами MS Power Point разработан пример программного продукта – сценарий в виде презентации, и предложен для обсуждения на форуме или непосредственно на занятиях по системному анализу для выяснения истинных целей стейкхолдеров, а также на вводном занятии по любой другой дисциплине. Это может быть началом реализации для студентов принципа «Распознавание и развитие талантов должно быть главной целью образования» [5], что возможно только при понимании и наличии продуктивных отношений. Можно также добавить, что в приведённом

выше диалоге проявляются начала «учить людей ”решать проблему”, что не менее необходимо, чем учить людей дышать» [5].

Список литературы

1. Акофф Р. Идеализированное проектирование: как предотвратить завтрашний кризис сегодня, создание будущего организации /Рассел Л. Акофф, Джейсон Магидсон, Герберт Дж. Эддисон, пер. с англ. – Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007. – 256 с.
2. Джексон М.С. Системное мышление: творческий холизм для менеджеров / Майкл С. Джексон, науч. ред. и перевод с англ. Ф.П. Тарасенко – Томск: Изд. Дом Том. гос. ун-та, 2016. – 404 с.
3. Загвязинский В.И., Теории обучения и воспитания /В.И. Загвязинский, И.Н. Емельянова. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 256 с.
4. Краткий философский словарь («Высшее образование»)/ Г.Г. Кириенко, Е.В. Шевцов – М.: АСТ: СЛОВО, Политграфиздат, 2010. – 480с.
5. Акофф Р. Преобразование образования /Р. Акофф, Д. Гринберг, пер. с англ. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – 196 с.

УДК 316.42

Поздеева Елена Геннадиевна

канд. с. наук, доцент

САМООРГАНИЗАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ: АКТОРНО-СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ

Санкт-Петербург, СПбПУ, elepzd@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема смены образовательной модели и формата обучения в условиях нелинейности развития сферы образования. Анализируются подходы к определению драйверов инновационных преобразований. Предлагается акторно-сетевая теория в качестве основы модели построения сетевых отношений и управления процессами самоорганизации в образовательной среде. Проектная деятельность выступает в качестве интегрирующего элемента расширения сферы применения сетевых структур и активизации творческих процессов. Анализируется роль когнитивных центров как локальных регулирующих координаторов, преимущества сетевых структур в контексте универсальных характеристик сетевого взаимодействия в природе и обществе. В этой связи дается оценка новым подходам к моделированию инженерного образования, созданию условий для формирования компе-

тенций инженера нового типа как ключевого актора информационного общества.

Ключевые слова: модель образования, самоорганизация, актор, проектная деятельность, сетевые структуры, инженер нового типа.

Elena G. Pozdeeva ,
Associate Professor, Ph.D

SELF-ORGANIZATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS: ACTOR-STRUCTURAL ASPECTS

St. Petersburg, Peter the Great St.-Petersburg Polytechnic University,
elepzd@mail.ru

Abstract. The article deals with the problem of changing the educational model and the format of education in conditions of nonlinearity in the development of the education sphere. The approaches to the drivers of innovative transformations are analyzed. The actor-network theory is proposed as the basis of the model for constructing network relations and managing the processes of self-organization in the educational environment. The project activity acts as an integrating element of expanding the scope of application of network structures and activating creative processes. The role of cognitive cents as local regulatory coordinators, the advantages of network structures in the context of universal characteristics of network interaction in nature and society is analyzed. In this regard, an assessment is made of new approaches to modeling engineering education, creating conditions for the formation of competences of a new type of engineer as a key actor in the information society.

Keywords. Model of education, self-organization, actor, project activity, network structures, engineer of a new type.

Современный информационный этап развития общества анализируется с помощью междисциплинарных подходов, основанных на взаимосвязи классических концепций с новыми, ориентированными на учет нелинейных связей и множественности траекторий развития. Сфера образования как институт, отвечающий за интеллектуальное развитие социума, в последнее время один из самых реформируемых, предстает в исследовательской плоскости в контексте сочетания управляемых и самоорганизационных процессов, что ставит вопрос о формировании новых моделей ее функционирования, включающих подвижные структуры, набор акторов, сложные композиции целей и открытый финал.

Традиционно система высшего образования анализируется с позиций линейной связи трех элементов: вуз, управляющая подсистема, на-

учно-педагогическое сообщество совместно со студентами. В сложившихся условиях главными акторами, задающими цели, являются представители управляющей подсистемы, в которой можно выделить мегауровень (Правительство), макроуровень (Министерство), мезо- и микроуровень (система управления вузом). В условиях модернизации ключевой стала проблема формирования системы, адекватной настоящим вызовам, адаптированной для ответов в условиях нелинейности и непредсказуемости. Нелинейность в образовании характеризуется как особый тип взаимосвязи количественных и качественных характеристик состояния, функционирования, динамики системы высшего образования, складывающийся под влиянием сложной, неоднозначной социальной реальности (Зборовский Г.Е., 2016). Для повышения управляемости в этом режиме функционирования требуется определить драйверов или ключевых акторов, которые будут проводниками инновационных процессов. Такую роль могут на себя взять образовательные общности и организации, включенные в разнообразные сетевые отношения. По мнению Зборовского Г.Е., суть нелинейности состоит в выдвижении на первый план образовательных общностей, повышении роли каждого субъекта и в превращении их в системообразующий фактор высшего образования. В этом подходе речь идет о расширении роли сетевых связей субъектов на уровне личности, образовательных общностей и организаций, что обеспечит рост мобильности, гибкость системы высшего образования, ее устойчивость к социальным изменениям в обществе и в сфере образования в частности [1].

Новые возможности трактовки модели образовательной системы позволяет создавать акторно-сетевая теория (ANT) Б. Латура. ANT, отталкиваясь от сферы исследования науки и технологии, предлагает новый взгляд на производство научного знания, где в качестве образца берется модель жизни и деятельности инженера, и эта модель распространяется на любую деятельность по производству нового знания. Б. Латур возвращается к понятию социального, которое он определяет не как отдельную область или особый тип вещей, а как своеобразный процесс переустановления связей и пересборки [2]. Главными акторами становятся сети, которые постоянно производятся для решения новых задач и включают «человеческие и не-человеческие элементы» - ученых, инженеров, исследовательские центры и лаборатории, управленческие организации, фонды, а также идеи, средства связи, технологии и артефакты. Возникает каждый раз новая система со своим порядком связей и функций, действующая для решения возникшей проблемы и производства нового знания. Для достижения результата в сети привлекаются все заинтересованные лица, действует принцип обращенности к публичной сфере. Вслед за

Г.де Тардом социолог оперирует сущностями, которые представляют собой не просто людей, а новшества, кванты изменений, живущие своей жизнью [2, С.30]. Социальное развитие осуществляется в режиме переборки социотехнических сетей, в результате чего производятся новые компетенции и действия. В подходе Латура подчеркивается вторая сторона классической идеи социального, которое может рассматриваться не только как область реальности, но и как принцип соединения, что актуализирует социально-инженерный подход. Этот подход сегодня особенно востребован в образовательном процессе для активизации творческого элемента, развиваемого с помощью расширения доли проектной деятельности, привлечения инициативной активности участников и процессов самоорганизации.

Согласно классикам социологии XX века П.А. Сорокину, который в своих работах применил системный подход к социальной действительности и дал глубокий анализ динамики культурных систем, любая внутренне интегрированная социальная система является автономным саморегулирующимся, самоуправляемым единством. В условиях взаимодействия с окружающей средой социальная система осуществляет варианты развития своего внутреннего потенциала, реализуя энергию и под воздействием факторов самоорганизации [3]. Идеи выявления внутренних факторов развития социальной системы отражены также в работах современного немецкого социолога Н.Лумана, который обращался к понятию аутопоэзийной системы, к специфике интерсубъективности в коммуникационном пространстве, открывающей возможность видеть, как изменяя мир, субъект изменяется сам, и как Я-субъективное находится в ко-эволюции с Другими [4].

Таким пространством производства коммуникационных потоков, новых смыслов и горизонтов будущего является образовательная среда, которую формирует вузовская (университетская) социальная жизнь. Именно здесь закладываются и укрепляются сложившиеся на предшествующей ступени обучения навыки самостоятельности, креативности, командной работы, доведения инициативы до результата. Эти и другие принципы заложены в компетентностной модели выпускника, и именно они являются основой системы качеств работника, наиболее востребованной на рынке труда в современных условиях.

Преимущества для реализации компетентностного подхода создает активное включение в образовательный процесс проектной деятельности. Проектный подход в образовании является эффективным инструментом для реализации принципа развития, позволяет поддерживать уровень конкурентоспособности вуза и подразделений на основе новых видов деятельности, имиджевой политики, прочных связей с бизнес-

средой. Приоритет матричной структуры управления, имеющей место при проектном управлении, позволяет оптимизировать использование потенциала и ресурсов [5].

В условиях начавшейся революции в нейронауке, исследований архитектуры такого сложного инструмента, как мозг - открытию новых автономных нейронных сетей и локальных координаторов, - важно понимать, что это новое видение позволит выявить и в социальном пространстве подобные структуры, процессы, связи. Новым значимым элементом становятся локальные координаторы, которые стихийно складываются или формируются, и их роль заключается в регулировании сложной жизни сетевых структур. Для этого все больше развиваются когнитивные технологии, опирающиеся на познавательные процессы, обучение, коммуникацию, обработку информации и самоорганизацию.

Новые структуры, органично возникшие в благоприятной среде, могут позволить генерировать и воплощать оригинальные и эффективные решения, создающие новые перспективы для будущего. Подобные креативные организации в виде ситуационных центров, а далее - когнитивных центров, позволят объединять усилия заинтересованных акторов вокруг творческой идеи, работать с большими информационными базами и потоками, ускорять решения и более объемно видеть перспективы.

Особая миссия в контексте этих процессов отводится инженерному образованию. Сегодня требуются инженеры нового типа. Они становятся ведущей силой дальнейшего развития информационного общества. Но тогда для подготовки инженерных кадров нового типа в сфере образования должна произойти смена формата, чтобы избежать в качестве образовательного результата получение специалиста вчерашнего уровня. Одним из серьезных отличий новой образовательной модели является ее ориентация на открытость процессов. Это обеспечивается с помощью сетевого взаимодействия, расширения охвата сетевыми отношениями всех сторон образовательной сферы. Это проекты, взаимодействие подразделений вуза, отношения с внешней средой и прежде всего с ведущими предприятиями региона - лидерами в профессиональной области, которые согласно новому образовательному порядку больше включены в образовательный процесс. Опыт активного сетевого взаимодействия, позволяющий скорректировать модель образования, имеется у ряда университетов. Санкт-Петербургский политехнический университет в этом ряду занимает ведущие позиции.

Для повышения уровня открытости, доли самоорганизационных процессов университеты проводят инновационные преобразования. Так, например, Сибирский федеральный университет провел стратификацию образовательных программ, были выделены элитные программы; внедрил модель инженерного образования, основанную на выявлении талантов, передаче и поддержании профессионального мастерства; реали-

зовал принципы индивидуализации образовательных траекторий, повышения самостоятельности и ответственности обучающихся; актуализировал роль преподавателя [6].

Инженерная вузовская подготовка отдает предпочтение ведению проектной деятельности согласно идеологии CDIO. Она предусматривает принцип возможности получения каждым студентом интеллектуального идеального и/или физического продукта на основе полного технологического цикла: «придумывай - разрабатывай - внедряй - управляй» [7]. Это наиболее полно отвечает целям компетентностного подхода, который на новой ступени проходящей актуализации ФГОС акцентирует в подготовке выпускников ориентацию на саморазвитие, творчество, приобретение навыков командой работы.

Сетевые структуры в форме сетевых творческих лабораторий способствуют развитию междисциплинарного мышления, интегральному решению характерных для современности нечетких задач. Особенностью сетевого принципа является отсутствие четкого центра (лидера), поэтому повышается значимость матрицы (матрикса) сети, которая может иметь как материальное (коллективные сооружения), так и нематериальное воплощение (объединяющие нормы и ритуалы поведения, установки, идеи). Матрикс опирается на динамичную социокультурную среду с поддержанием целей, ценностей, норм, правил, смыслов, ритуалов, намерений, связанных с явным и неявным опытом. Также важно развивать практику применения творческих методов, которые отвечают параметрам матрикса и укрепляют его. Это, например, методы и техники коллективного творчества: мозговой штурм, игровые техники, методы разделенного лидерства. Согласно исследованиям, соотносящим процессы самоорганизации в биологических объектах и в социуме (т.н. клеточные, модульные, ризомные, эквипотенциальные, эусоциальные и др. парадигмы), именно самоорганизация порождает инновационные практики и пластичные структуры, создающие режимы решения цепочки задач в заданных временных и пространственных параметрах [8]. Интересен также тот момент, что именно сетевые децентрализованные структуры с поддерживающим матриксом и органично возникающими регуляторами-центрами вносят свой активный вклад в укрепление идентификации, корпоративного духа, поддержание чувств общности и патриотизма, преданности общему делу. Именно эти черты важны для формирования инженера нового типа с его целеустремленностью в будущее, экспериментаторством, смелостью постановки новых проблем и навыками организации их решения.

Список литературы:

1. Зборовский Г.Е., Шуклина Е.А., Амбарова П.А. Нелинейность развития высшего образования: контуры концепции и возможные макрорегиональные практики // *Высшее образование в России*, 2016, № 12, С.34-44.

2. *Латур Б.* Пересборка социального: введение в акторно-сетевую теорию [Текст]/ пер. с англ. И. Полонской; под ред. С. Гавриленко; Нац.исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014 – 384с.

3. *Сорокин П.А.* Социальная и культурная динамика /пер. с англ. В.В. Сапова. – М.: Астрель, 2006.

4. *Луман Н.* Общество как социальная система. Пер. с нем. М.: Изд-во «Логос», 2004.

5. *Мещерякова Е.Н.* Построение проектно-ориентированной модели управления в высшем учебном заведении // Nauka-rastudent.ru. – 2016. – N 8 (032) / [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nauka-rastudent.ru/32/3619/> (Дата обращения)

6. *Вчерашний П.М., Гафурова Н.В., Румянцев М.В., Осипенко О.А.* Инженерное образование: смена формата // Высшее образование в России. 2016. №8-9 (204). С. 15–21.

7. *Бродер Р., Малмквист Й., Эдстрем К., Кроули Э., Остлунд С.* Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO. М.: ВШЭ, 2015. 540 с.

8. *Олескин А.В., Курдюмов В.С., Колесова Л.А.* Сетевые структуры, матрикс и шапероны. практические возможности и организационные шаги. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spkurdyumov.ru/networks/setevye-struktury-matriks-i-shaperony-prakticheskie-vozmozhnosti-i-organizacionnye-shagi> (Дата обращения)

УДК: 378 (045)

Новицкий Владимир Олегович

д-р. техн. наук, профессор;

Аитов Василий Григорьевич.

аспирант;

Чекин Иван Иванович.,

начальник отдела

СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ И НАУЧНЫМ ПРОЦЕСС- САМИ ВУЗА

Москва, ФГБОУ ВО «МГУПП» Профессор кафедры «Информатика и вычислительная техника пищевых производств» nvo60@mail.ru;

Москва, ФГБОУ ВО «МГУПП» аспирант кафедры «Информатика и вычислительная техника пищевых производств» aitov@mgupp.ru;

Москва, ФГБОУ ВО «МГУПП» начальник отдела развития информационных технологий chekinivan@mgupp.ru;

Аннотация: В статье рассмотрено предпроектное исследование при разработке интегрированной информационной системы управления

(ИИСУ) организации высшего образования. Вуз рассматривается как сложная система с активными, вероятностными элементами и опосредованными связями. Представлен опыт разработки ИИСУ в части целеполагания, анализа причинно-следственных связей, формирования процессных моделей.

Ключевые слова: образовательная организация, интеграция информационных систем, диалектический метод анализа

Novitskiy Vladimir Olegovich,
Doctor of Engineering, professor;
Aitov Vasily Grigoryevich,
postgraduate;
Chekin Ivan Ivanovich.

THE INTEGRATED INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM CREATION FOR EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC PROCESSES OF THE UNIVERSITY

Moscow, Moscow State University of Food Production, Professor of the Department "Informatics and computer engineering of food production"
nvo60@mail.ru;

Moscow, Moscow State University of Food Production, postgraduate student of the department "Informatics and computer engineering of food production"
aitov@mgupp.ru;

Moscow, Moscow State University of Food Production, head of the information technology development department,
chekinivan@mgupp.ru;

Annotation: In the article a pre-project research during the development of the integrated information management system (IIMS) of the higher education organization was discussed. The university is considered as a complex system with active, probabilistic elements and indirect links. The experience of developing IIMS in the part of goal-setting, analysis of cause-effect relationships, and the formation of process models is presented.

Keywords: educational organization, integration of information systems, dialectical method of analysis

В настоящее время все университеты так или иначе используют в своей деятельности различные информационные системы (ИС). Несмотря на то, что большинство процессов вуза выходят за рамки одного под-

разделения, часто для решения задач применяются отдельные, автономные ИС. Это приводит к несогласованности действий различных подразделений, иногда становится сложно установить ответственного за весь процесс в целом. По мере роста требований к срокам предоставления информации и ее качеству возникает задача интеграции ИС. В результате увеличиваются временные и финансовые затраты, дискредитируется сам факт комплексной автоматизации в вузе. Одним из решений проблемы является разработка системы, в которой все процессы изначально являются интегрированными. Можно утверждать, что основополагающими для любого вуза являются два процесса – учебный (УП) и научный (НП), остальные процессы обеспечивающие. Различные эмерджентные свойства, возникающие при объединении УП и НП, а также остальных процессов, в интегрированную информационную систему управления (ИИСУ), безусловно, повышают эффективность вуза. Такая система может быть разработана силами самих вузов, знающих свою специфику и проблематику. Помимо ИС, автоматизирующих административно-хозяйственные процессы, в ИИСУ должны входить подсистемы, имеющие непосредственное отношение к УП и НП. Более того, должна быть обеспечена начальная интеграция этих двух основных процессов во взаимодействии с остальными процессами. В качестве примеров можно привести такие подсистемы, как электронная образовательная среда «E-learning», электронная библиотечная система (на уровне всего университета), «Электронный тубус» для кафедры «Инженерная графика», система электронных портфолио обучающихся и преподавателей и др.

Не вызывает никакого сомнения, что для создания интегрированной автоматизированной системы управления вузом необходимо иметь его описание в виде адекватных моделей основных процессов – УП и НП. При этом остальные процессы вуза рассматриваются в моделях в привязке к этим двум основным. Это позволит изучить объект моделирования как систему и в будущем дать предложения по ее модернизации и возможным улучшениям. В предпроектном исследовании и моделировании применялись различные подходы. Это - диалектический (причинно-следственная связь), системный (от общего к частному, целеполагание и др.), кибернетический (обратные связи). Для бизнес-процессирования применены процессный и функциональный подходы.

Для реализации ИИСУ необходимо исследовать систему управления процессами вуза «как есть» с учетом их «кусочной», или «лоскутной» автоматизации с применением различных слабо интегрированных автономных ИС. Как уже было сказано, наиболее важными в вузе являются УП и НП. Эти процессы, будучи тесно взаимосвязанными, опреде-

ляют вуз как уникальный объект образовательного пространства, занимающий свою нишу в тех или иных направлениях подготовки и научных школах. Любые процессы должны быть эффективно управляемыми и поэтому должны рассматриваться как единая интегрированная система.

На рис. 1 приведена структурно-функциональная модель управления основными процессами вуза в нотации IDEF0. При помощи этой модели для ИИСУ вуза расставляются акценты и точки фокусировки, при этом рассматриваемая система отграничивается от внешней среды. Данная модель представляет собой точку зрения на современный вуз как систему управления, при этом процессы рассматриваются с учетом их доминирования. Так как все модели должны быть связаны между собой и оперировать едиными наборами сущностей, является целесообразным применение специализированного программного обеспечения. Авторами используется пакет программ для бизнес-моделирования «Business Studio 4.2».

Современный вуз – это сложная организационно-техническая система управления, в которой активными элементами являются пользователи (преподаватели, обучающиеся, администрация и др.), многие параметры являются неопределенными (вероятностными, например, успеваемость, или нечеткими, например, оценки по ранговой шкале); многие связи являются не функциональными, а опосредованными, условными (например, связь «знания – оценка»). Любую систему определяет цель, которая вниз по иерархии доводится до конкретных задач и действий по ее достижению. Структура целей ИИСУ вуза приведена на рис 1.

Модель структуры целей является широко распространенной и часто применяется при описании систем [2], в наглядной форме представляя 3 верхних уровня в цепочке «главная цель-подцели-задачи-функции-операции». Структура целей вуза должна формулироваться в соответствии с концепцией SMART (Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-bound), то есть цель должна быть конкретна, измерима, достижима, непротиворечива, достижима во времени. Специфика модели в виде структуры целей такова, что цели, находящиеся на одном уровне иерархии, часто конкурируют друг с другом и даже являются взаимоисключающими (например, «развитие материально-технической базы» и «снижение затрат»).

Несмотря на различные формулировки главной цели в вузах, ее можно в общем виде представить, как «Подготовка высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства страны». При конкретизации с учетом отрасли и специфики конкретного вуза [9, 2] у данной структуры целей проявляются различные оттенки.

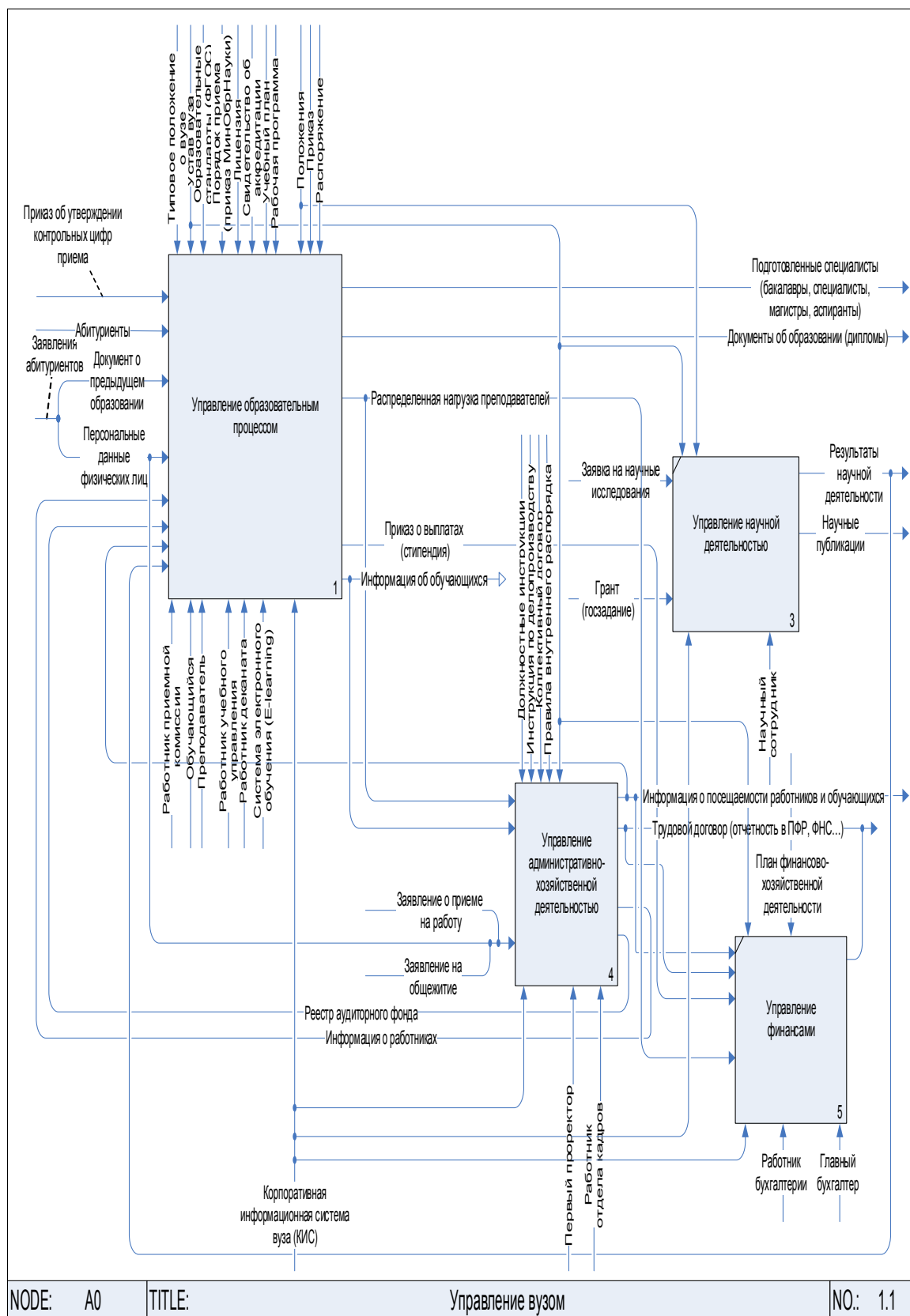


Рис. 1. Функциональная модель вуза в нотации IDEF0 (концепт).



Рис. 2. Структура целей вуза.

Описание предлагаемой ИИСУ как сложной системы методами строгой формализации на сегодняшний день малоэффективно. Комплекс внешних возмущений, составляющий проблематику вуза, весьма разноплановый и сложно прогнозируемый. Согласно накопленному опыту в области моделирования процессов вуза предпочтительным является применение системного анализа как компромисса между опытом и интуицией с одной стороны и строгой формализацией моделей с другой [2]. В этом случае предлагаемая в статье методика системного анализа – методика общесистемного проектирования систем управления – является инструментом постепенной формализации для итерационного создания все более точных и более строго формализованных моделей вуза.

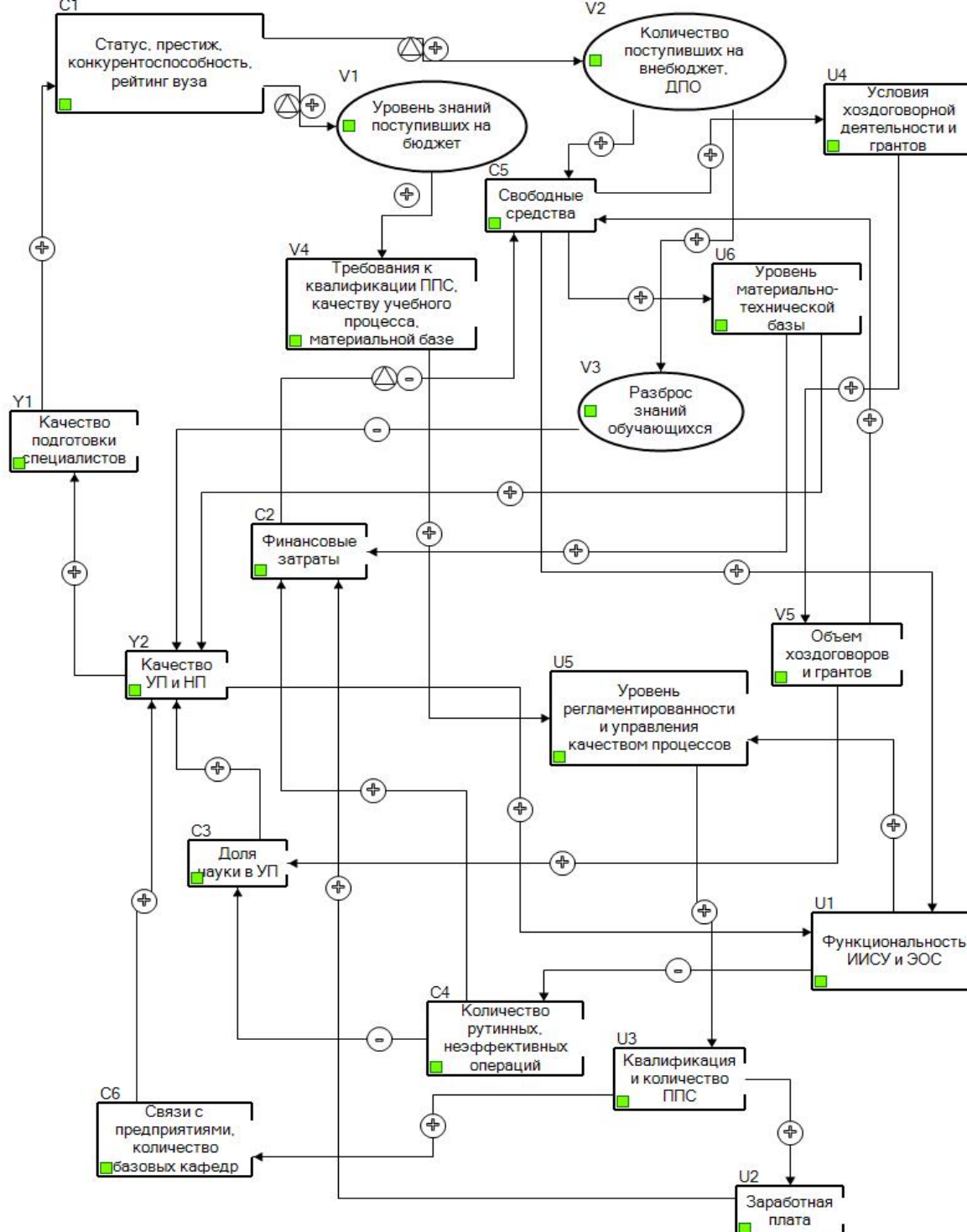


Рис. 3. Диаграмма причинно-следственных связей вуза.

Когнитивная модель причинно-следственных связей вуза, построенная на основе разработанной авторами нотации]. Такая модель обычно разрабатывается на предпроектной стадии для описания ИИСУ УП и НП вуза и ее последующей формализации на основе вышеуказанных подходов. Кратко обозначения и порядок чтения ДПСС можно описать следующим образом (рис. 4)

Элементы	Связи	Параметры
Накопитель – фиксация <i>уровня</i> (<i>количества</i>) <i>накоплений</i>	$\oplus$ – суммирующая	V – входные возмущающие
Поток – отображение <i>изменения</i> чего-либо во времени	$\ominus$ – вычитающая	U – входные управляемые
Событие – начальное значение, факт	Δ – с задержкой по времени	С – состояния (промежуточные) Y – выходные результирующие

Рис. 4. обозначение и порядок чтения ДПСС

Связи обозначаются в виде дуг со стрелками, на которых в кружках указываются знаками: «+» - суммирующая (или усиливающая) связь, если увеличение (уменьшение) характеристики первого элемента ведёт к большему увеличению (уменьшению) характеристики второго элемента (чем если бы первый оставался неизменным); «-» - вычитающая (отрицательная, ослабляющая) связь, если увеличение (уменьшение) характеристики первого элемента ведёт к большему уменьшению (увеличению) характеристики второго элемента (чем в случае, если бы первый оставался неизменным). Связь (суммирующая или вычитающая) может быть с задержкой времени (обозначается «Δ»), т.е. с последствием. Контуров бывают либо усиливающие, либо уравнивающие. Правило определения характера контура: если общее число отрицательных связей нечётное, то это - компенсирующий контур. Если все связи в контуре суммирующие или число отрицательных связей чётное, то контур – усиливающий.

Элементы представленной на рис. 3 диаграммы причинно-следственных связей принадлежат ко множествам входных возмущающих параметров V , управляемых параметров U , промежуточных состояний C и выходных результатов Y :

$V = \{V1, V2, V3, V4, V5\};$
 $U = \{U1, U2, U3, U4, U5, U6\};$
 $C = \{C1, C2, C3, C4, C5, C6\};$
 $Y = \{Y1, Y2\};$

Анализ данной модели позволил выявить узкие места, построить операторную теоретико-множественную модель системы, на основе которой сделана постановка задач автоматизации, в первую очередь, наиболее проблемных участков УП и НП. Необходимо отметить, что точка начала замкнутого контура с обратной связью может быть любой.

Диаграмма причинно-следственных связей (ДПСС) вуза включает в себя 22 контура.

1. C1 - V1 - V4 - U5 - U3 - C6 - Y2 - Y1 - C1 – усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает, что при повышении рейтинга и престижа вуза увеличивается количество абитуриентов, поступивших на бюджет, и их уровень знаний. Это ведет к росту требований (в том числе со стороны обучающихся) к квалификации профессорско-преподавательского состава (ППС) и качеству учебного процесса. В ответ на это корректируются требования к ППС и качеству процессов в контексте соответствующей регламентации. В результате растет квалификация ППС (путем ее повышения у существующих и приема новых работников). Это положительно влияет на качество учебного процесса, что, в свою очередь, ведет к повышению рейтинга и престижа вуза.
2. C1 - V1 - V4 - U5 - U3 - U2 - C2 - C5 - U6 - Y2 - Y1 - C1 – компенсирующий контур с задержкой по времени. В дополнение к контуру № 1 показывает, что более квалифицированный персонал должен быть обеспечен достойной заработной платой, ее уровень возрастает. Заработная плата ППС при этом является финансовыми затратами, рост которых негативно влияет на возможности развития материально-технической базы, что приводит к падению качества УП и НП. Это является одним из ограничений возможностей увеличения заработной платы ППС. В целом данный контур акцентирует внимание на конкурирующие за ресурс свободных средств заработную плату ППС и материально-техническую базу.
3. C1 - V1 - V4 - U5 - U3 - U2 - C2 - C5 - U4 - V5 - C3 - Y2 - Y1 - C1 – компенсирующий контур с задержкой по времени. В дополнение к контуру № 2 показывает, что рост заработной платы ППС ведет к финансовым затратам, негативно влияющим на условия ведения хозяйственной деятельности. Это происходит потому, что в условиях нехватки средств эти условия всегда ухудшаются. В результате снижается объем хозяйственных договоров и грантов, что уменьшает долю науки в учебном процессе, снижая тем самым его качество.
4. C1 - V1 - V4 - U5 - U3 - U2 - C2 - C5 - U1 - C4 - C3 - Y2 - Y1 - C1 – компенсирующий контур с задержкой по времени. Подобно контуру № 3 показывает, что затраты на заработную плату ППС негативно влияют на развитие функциональности ИИСУ и электронной образо-

вательной среды (ЭОС). В результате вырастает количество рутинных и неэффективных операций, снижается доля науки в УП (так как у ППС не остается на это времени), падает качество УП и НП.

5. C1 - V2 - C5 - U6 - Y2 - Y1 - C1 – усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает, что количество обучающихся, обучающихся на платной основе, увеличивают количество свободных средств, на которые улучшается материально-техническая база. Это положительно влияет на качество УП и НП.
6. C1 - V2 - C5 - U4 - V5 - C3 - Y2 - Y1 - C1 – усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает, как увеличивается качество УП и НП за счет обучающихся на платной основе, повышающих количество свободных средств и условия ведения хозяйственной деятельности.
7. C1 - V2 - C5 - U1 - U5 - U3 - C6 - Y2 - Y1 - C1 – усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает, как снижаются финансовые затраты за счет обучающихся на платной основе, повышающих количество свободных средств и функциональность ИИСУ и ЭОС. При этом снижается количество рутинных, неэффективных операций.
8. C1 - V2 - C5 - U1 - C4 - C3 - Y2 - Y1 - C1 – усиливающий контур с задержкой по времени. усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает, как повышается качество УП и НП за счет обучающихся на платной основе, повышающих количество свободных средств и функциональность ИИСУ и ЭОС. При этом снижается количество рутинных операций, доля науки в УП возрастает, так как у ППС появляется на нее время.
9. C1 - V2 - V3 - Y2 - Y1 - C1 – компенсирующий контур с задержкой по времени. Показывает негативное влияние обучающихся на платной основе на качество УП и НП, за счет увеличивающегося разброса знаний в учебных группах.
10. C2 - C5 - U6 - Y2 - U1 - U5 - U3 - U2 - C2 – компенсирующий контур с задержкой по времени. Показывает конкуренцию между материально-технической базой и функциональностью ИИСУ и ЭОС за ресурс свободных средств.
11. C2 - C5 - U6 - Y2 - U1 - C4 - C2 – усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает, что при увеличении количества абитуриентов, поступивших на внебюджет, растут доходы, что дает возможность улучшения условий хозяйственной деятельности.
12. C2 - C5 - U6 - C2 – компенсирующий контур с задержкой по времени. Показывает, что финансовые затраты являются ограничением для повышения уровня материально-технической базы.
13. C2 - C5 - U4 - V5 - C3 - Y2 - U1 - U5 - U3 - U2 - C2 – компенсирующий контур с задержкой по времени. Опосредованно показывает кон-

куренцию между условиями хоздоговорной деятельности и заработной платы ППС за ресурс свободных средств.

14. C2 - C5 - U4 - V5 - C3 - Y2 - U1 - C4 - C2 – усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает конкуренцию между условиями хоздоговорной деятельности и функциональности ИИСУ и ЭОС за ресурс свободных средств.
15. C2 - C5 - U1 - U5 - U3 - U2 - C2 – компенсирующий контур с задержкой по времени. Показывает конкуренцию между функциональностью ИИСУ и ЭОС и заработной платы ППС за ресурс свободных средств.
16. C2 - C5 - U1 - C4 - C2 – усиливающий контур с задержкой по времени. Показывает важность инвестиций в функционал ИИСУ и ЭОС, за счет высокой отдачи от этих систем, и снижения с их помощью финансовых затрат.
17. U1 - U5 - U3 - C6 - Y2 - U1 – усиливающий контур. Показывает важность развития функционала ИИСУ и ЭОС, за счет высокой отдачи от этих систем даже в оперативном горизонте управления.
18. U1 - C4 - C3 - Y2 - U1 – усиливающий контур. Дополняет контур № 17.
19. C5 - U4 - V5 - C5 – усиливающий контур. Показывает важность адекватных условий ведения хоздоговорной деятельности. Хорошие условия увеличивают объем свободных средств даже в оперативном горизонте управления.

Каждый контур определяет подсистему управления. Наличие в контуре связи с задержкой по времени свидетельствует об увеличении горизонта времени управления T .

Анализ контуров показывает, что имеются 11 усиливающих и 8 компенсирующих их контура с обратной связью. Исходя из этого можно предполагать, что данная система регулирования является устойчивой. Такая система имеет перспективу при должном управлении быть устойчивой и саморазвивающейся.

16 контуров имеют задержку по времени, у 13 задержка отсутствует. Это позволяет заключить, что в целом управление вузом осуществляется на тактическом и стратегическом уровнях, оперативный уровень присутствует только в более локальных процессах.

Специфика вуза такова, что задача получения прибыли отсутствует, то есть все доходы компенсируются затратами, направленными на достижение соответствующих целей.

На основе проведенного анализа ДПСС была построена концептуальная структурно-динамическая модель ИИСУ в теоретико-множественном представлении, состоящая из операторов μ состояний C и операторов η целевых выходов (результатов) Y , где T – упорядоченное множество моментов времени t , на котором определяются C и Y . $X = \{V,$

$U\}$ - входные элементы - множества параметров, зависящих от времени $t \in T$.

Оперативное управление на горизонте $T_1 \in T$:

$\mu_1: \{C_2; C_5; U_6; U_4; V_5; C_3; C_6; C_4\} \rightarrow Y_2$ (Качество УП и НП)

$\mu_2: \{U_6; Y_2; U_1; U_4; V_5; C_3\} \rightarrow C_4$ (Количество рутинных, неэффективных операций)

Тактическое управление на горизонте $T_2 \in T$:

$\eta_1: \{U_5; U_3; V_1; V_4; U_1; V_2; C_5\} \times T_2 \rightarrow C_1$ (Связи с производством)

$\eta_2: \{C_1; V_1; V_4; U_5; U_3; C_6; Y_2; U_2; C_2; C_5; U_6; U_4; V_5; C_3; U_1; C_4; V_2; V_3\} \times T_2 \rightarrow Y_1$ (Качество подготовки специалистов)

$\eta_3: \{U_5; U_3; U_2; C_2; V_1; V_4; U_6; Y_2; Y_1; C_1; V_2; U_1; U_4; V_5\} \times T_2 \rightarrow C_5$ (Свободные средства)

$\eta_4: \{U_5; U_3; U_2; C_2; C_5; U_4; V_5; V_1; V_4; U_1; C_4; V_2\} \times T_2 \rightarrow C_3$ (Доля науки в УП)

$\eta_5: \{V_2; V_3; Y_2; Y_1\} \rightarrow C_1$ (Статус, престиж, конкурентоспособность вуза)

В дальнейшем на основе структуры целей и этой постановки строится стратегическая карта вуза в условиях работы ИИСУ по методике BSC, определяются и формализуются критерии управления системой в аспектах «клиенты, внутренние бизнес-процессы, финансы, обучение и развитие». Строятся формулы критериев с используемыми показателями и параметрами, которые должны сниматься или участвовать в бизнес-процессах УП и НП вуза «как должно быть». Данные диаграммы является постановкой задачи для создания слоев бизнес-логики, баз данных, интерфейсов создаваемой системы, что заслуживает отдельного внимания.

Список литературы:

1. Системный анализ в управлении: Учеб. Пособие / В.С. Анфилатов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушки; Под ред. А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 368 с.: ил.
2. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 462 с. – Серия: Бакалавр. Академический курс.
3. Системный анализ в экономике: учеб. Пособие / И.Н. Дрогобыцкий. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 512 с.: ил.
4. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – 2-е изд., испр. и доп. / Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. – 329 с.: ил.
5. Управление результативностью: Как преодолеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами / Гэри Кокинз; Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 315 с.

6. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако и И. Такахара; Пер. с англ. – М.: Изд. «Мир», 1973. – 344 с.
7. Общая теория систем: Математические основы / М. Месарович, Я. Такахара; Пер. с англ. – М.: Изд. «Мир», 1978. – 311 с.
8. Моделирование, анализ, организация и автоматизация бизнес-процессов / Г.Н. Калянов. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 240 с.
9. Управление высшим учебным заведением: Учебник / Под. ред. д-ра экон. Наук, проф. С.Д. Резника и д-ра физ.-мат. наук В.М. Филиппова. – 2-е изд., перераб. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 768 с.
10. Новицкий В.О. Модели и методы оптимального управления производством для зерновых и зерноперерабатывающих компаний дисс. ... докт.техн.наук: 05.13.06 / Новицкий Владимир Олегович. – Москва, 2010. – 450 с.

УДК 004.942

Калугян Каринэ Хачересовна,
к.э.н., доцент, доцент кафедры Информационных систем
и прикладной информатики
Мирошниченко Ирина Иосифовна,
к.э.н., доцент кафедры Информационных систем
и прикладной информатики

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОНЯТИЙНОГО КОНТЕНТА ДИСЦИПЛИН НА ОСНОВЕ ТЕЗАУРУСНОГО ПОДХОДА

г. Ростов-на-Дону, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»,
kalugyan@yandex.ru, iimo2@yandex.ru

Аннотация: В работе предлагается подход к оптимальному и логически обоснованному построению учебного плана направления подготовки на основе тезаурусной модели и методики функциональной полноты.

Ключевые слова: Федеральный государственный образовательный стандарт, образовательная программа, компетентностная модель, тезаурус, «терминологическая» полнота.

Kalugyan Karine Kh.,
PhD in Economics, associate Professor,
associate Professor, The Department of Information systems
and Applied Computer Science
Miroshnichenko Irina I.,

PhD in Economics, associate Professor,
The Department of Information Systems and Applied Computer Science

THE SYSTEM ANALYSIS OF CONCEPTUAL CONTENT OF DISCIPLINES ON THE BASIS OF THESAURUS APPROACH

Rostov-on-Don, Rostov State University of Economics (RSUE),
kalugyan@yandex.ru, iimo2@yandex.ru

Abstract: Approach to optimum and logical creation of the curriculum of the direction of training on the basis of thesaurus model and a technique of functional completeness is offered in work.

Key words: Federal state educational standard, educational program, competence-based model, thesaurus, «terminological» completeness.

Основополагающим документом, регламентирующим деятельность образовательных учреждений и образовательного процесса в целом, является «Закон об образовании в Российской Федерации» (№ 273-ФЗ от 29.12.2012 г.). Согласно нему в высшем образовании выделяются три уровня [1]:

- уровень бакалавриата, специалитета;
- уровень магистратуры;
- уровень аспирантуры (подготовка кадров высшей квалификации).

Для каждого уровня разрабатываются Федеральные государственные образовательные стандарты (так называемые стандарты третьего поколения), в соответствии с которыми выполняется подготовка кадров. Новые образовательные стандарты (в отличие от прошлых) предоставляют большую свободу и самостоятельность образовательным организациям в плане осуществления образовательной деятельности. Так, теперь вузы сами разрабатывают образовательные программы (ОП), составляют учебные планы, определяют дисциплины для включения в учебный план, их последовательность и трудоемкость.

Еще одним из существенных отличий образовательных стандартов нового поколения является ориентация на компетентностную модель выпускника, а также кредитно-модульное построение программ и система зачетных единиц [1, 2].

Компетентностная модель подготовки обучающихся направлена на формирование в процессе обучения общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в зависимости от направления подготовки. Причем, компетенции являются планируемым *результатом освоения образовательной программы*, а *результатами обучения* являются знания, умения и навыки.

Особую важность приобретают структура и содержание образовательной программы в целом, учебный план направления подготовки и рабочие программы дисциплин как неотъемлемые элементы ОП.

В этом контексте перспективным направлением представляется построение учебного плана и рабочих программ дисциплин, базирующееся на тезаурусе [3]. Тезаурус объективно отражает сущность изучаемой предметной области. Общий тезаурус направления подготовки формируется как совокупность тезаурусов рабочих программ дисциплин направления подготовки.

Под *тезаурусом* будем понимать множество базовых понятий, определений, законов, из которого исключены все синонимы [6]. Понятия, которые вводятся в других дисциплинах и используются при изучении данной дисциплины, будем называть входным по отношению к ней. Понятия, которые вводятся в этой дисциплине и используются для последующего изучения в других дисциплинах, будем называть выходным для рассматриваемой дисциплины (рисунок 1).

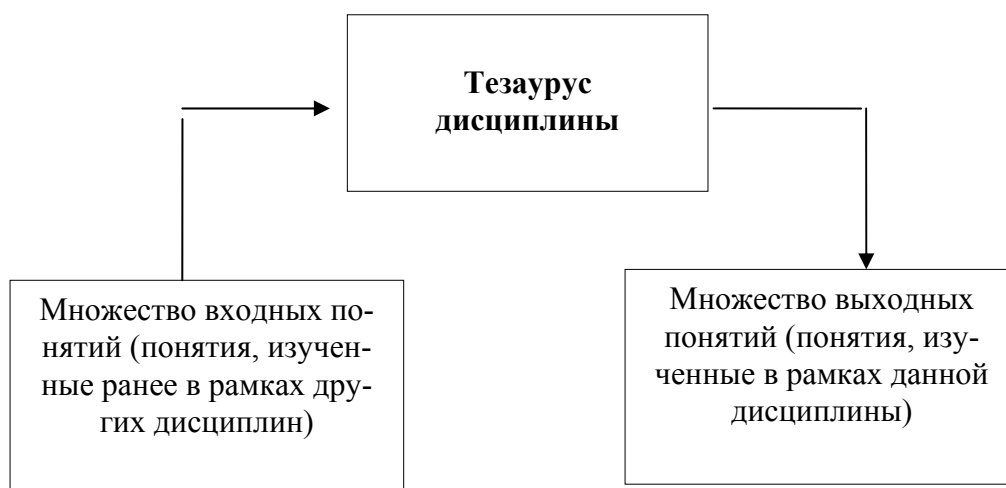


Рис. 1. Тезаурус дисциплины

Подобное моделирование содержания обучения позволяет четко выделить структурно-логические основания учебных дисциплин, круг базовых понятий, оптимально определить межпредметные связи, обеспечить целостность учебного процесса, повысить эффективность обучения.

При условии, что каждое понятие вводится только в одной учебной дисциплине, «не изученность» какой-либо «дисциплины – предка» к моменту начала изучения «дисциплины – потомка» ведет к тому, что одно или несколько понятий, принадлежащих множеству используемого тезауруса «дисциплины – потомка», не будет принадлежать множеству

тезауруса обучающегося. Чем больше число таких понятий, тем меньшая часть информации может быть им усвоена в дальнейшем [5].

Для упорядочения дисциплин в учебном процессе и минимизации суммарной величины временных разрывов между ними нами проведен формализованный анализ соотношения «дисциплины – термины» по направлению подготовки «Прикладная информатика» с использованием методики [7], в которой функциональную полноту заменим на «терминологическую».

Пусть $Z = \{Z_i\}$ ($i=1, 2, \dots, n$) – множество дисциплин направления подготовки; $R = \{R_j\}$ ($j=1, 2, \dots, m$) – множество понятий, терминов, определений, используемых в дисциплинах.

Исходную информацию представим в виде таблицы $\{X_{ij}\}$, элементы которой определяются следующим образом:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } R_j \text{ используется в } Z_i \\ 0, & \text{если } R_j \text{ не используется в } Z_i \end{cases}.$$

Выделим дисциплины Z_i и Z_k ($i, k = 1, 2, \dots, n$) и рассчитаем для них (в виде соответствующих матриц): мощность пересечения множеств, мощность разности множеств, затем на их основе – меру рассогласования дисциплин, степень поглощения дисциплин, меру подобия дисциплин. На основе полученных матриц после определенного преобразования можно построить графы поглощения и подобия дисциплин, а также определить информационный ранг (вес) каждой дисциплины.

Преимущества предлагаемого подхода:

- составление полного перечня терминов и понятий, используемых в дисциплинах направления подготовки, т.е. составление полного тезауруса направления подготовки;

- систематизация сведений о составе и «терминологической» полноте дисциплин;

- количественная оценка степени наполнения дисциплины понятийным контентом;

- ранжирование дисциплин по критерию «терминологической» полноты, что позволяет определить логически обоснованную последовательность дисциплин в учебном плане;

- формирование групп дисциплин, имеющих одинаковую «терминологическую» полноту, а также дисциплин, поглощающих другие дисциплины с точки зрения используемых понятий и терминов, что позволя-

ет оптимизировать учебный план, исключая или добавляя в него дисциплины.

Таким образом, нами описан один из возможных подходов к логически правильному и обоснованному следованию дисциплин в учебном процессе. В соответствии с этим подходом ведется разработка информационно-образовательной среды для выпускающей кафедры вуза [4].

Список литературы

1) Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. [Электронный ресурс]. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174.

2) Приказ № 1367 от 19 декабря 2013 г. «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» [Электронный ресурс]. – <http://минобрнауки.рф/документы/5242>.

3) Калугян К.Х., Мирошниченко И.И. Некоторые особенности формирования понятийно-тезаурусной модели направления подготовки выпускников // Региональная информатика (РИ-2014): XIV Санкт-Петербургская Международная конференция (Санкт-Петербург, 29-31 октября 2014 г.): Материалы конференции \ СПОИСУ. – Санкт-Петербург, 2014. – с. 334-335.

4) Мирошниченко И.И., Калугян К.Х. Моделирование информационно-советующей системы выпускающей кафедры вуза // Компьютерное моделирование 2009: Труды Международной научно-технической конференции (Санкт-Петербург, СПбГПУ, 23-24 июня 2009 г.). – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2009. – с. 207-210.

5) Мирошниченко И.И. Формализованный анализ и моделирование информационно-образовательной среды учебного подразделения вуза: диссертация кандидата экономических наук: 08.00.13. – Ростов-на-Дону, 2010. – 221 с.

6) Мухетдинов А.Ш. Тезаурус как дидактическое средство систематизации понятий курса информатики // Информатика и образование. – 2008. – № 7. – с. 61-65.

7) Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты // Программные продукты и системы (SOFTWARE and SYSTEMS). – 1998. – № 1. – с. 6-9.

Кудаков Александр Владимирович
Директор Высшей инженерной школы

СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ

Санкт-Петербург, Санкт-петербургский политехнический университет
Петра Великого, alexander.kudakov@spbstu.ru

Аннотация:

В эпоху экономики знаний организации и предприятия уделяют большое внимание повышению конкурентоспособности. Одним из ключевых, определяющих ресурсов любого предприятия является персонал. Требования к компетентности персонала постоянно ужесточаются, поскольку знания и способности работников формируют корпоративные компетенции. Эффективное управление корпоративными знаниями является сложной, многоплановой задачей. В статье рассмотрены вопросы разработки системы мониторинга компетентности персонала.

Ключевые слова: освоение знаний, управление персоналом, система мониторинга компетентности персонала.

Kudakov A.V.
Director of Higher Engineering school

SYSTEM FOR QUALITY ASSESSMENT OF ADOPTION OF KNOWLEDGE

St. Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
alexander.kudakov@spbstu.ru

Abstract. In the age of knowledge' economy organizations and enterprises pay a lot of attention for enhancement of competitiveness. One of the key and determinative resources of any enterprise is the personnel. Requirements for competences of personnel become tougher permanently, since knowledge and capabilities of employees form the corporative competences. Efficient management of corporative knowledge is complicated and multidimensional task. Issues concerning development of personnel' competences monitoring system are considered in the article.

Keywords: adoption of knowledge, personnel management, personnel' competences monitoring system.

Требования к квалификации работников быстро меняются, поэтому необходимо постоянно осуществлять мониторинг компетентности персонала для того, чтобы выявлять потребности в дополнительном обучении, повышении квалификации, профессиональной переподготовке.

Задача контроля знаний является актуальной, но в то же время весьма трудоемкой. Используемые методы устной или письменной графической проверки по-прежнему являются частью системного подхода к контролю знаний. Вместе с тем для реализации непрерывного мониторинга уровня знаний обучаемых требуется автоматизация этого процесса. Компьютерное тестирование получило широкое распространение, но обладает некоторыми недостатками. В частности, при помощи тестов легко проверять формальное овладение структурированным материалом, но сложно проверить глубинное понимание предмета, способность к рассуждениям и формированию логических цепочек и выводов. Наилучшие результаты дает разумное сочетание тестирования и традиционных методов контроля. Для автоматизации контроля и оценки качества знаний применяются различные модели, методы и алгоритмы. Рассмотрим некоторые из них.

Модели теории распознавания образов нашли применение при оценке качества знаний обучаемых. Процесс распознавания состоит в том, что системе предъявляется неизвестный образ и необходимо определить, к какому из эталонных образов (оценке) он наиболее близок.

В детерминистском подходе основным методом является проведение между эталонными образами разделительной гиперповерхности. Такой подход требует, чтобы эталоны были четко заданы и чтобы между ними можно было провести разделительную границу. Если эта граница описывается линейными уравнениями, то задача решается достаточно просто. Если же разделительная граница имеет нелинейный характер, то задача в большинстве случаев также имеет решение, которое можно получить путем смены системы координат. Задача не имеет решения в случае перекрытия эталонов, когда по какой-то части координат возникают перекрытия и они распространяются на несколько эталонов.

При использовании статистического подхода в распознавании образов используются законы распределения случайных процессов. Установлены общие типы законов распределения случайной величины, что позволяет при использовании небольших объемов выборок определить признаки искомого закона распределения. Наиболее часто применяется нормальный закон распределения.

Актуальной является задача повышения качественного уровня систем компьютерного тестирования знаний. В литературе описаны различные модели и методы построения и реализации таких систем. Какой-

либо стандартной функциональной модели не существует, но в общем случае в системе присутствуют следующие компоненты:

1. Подготовка тестов, включающая подготовку тестовых заданий, компоновку тестов, определение стратегии тестирования.
2. Проведение тестирования, включающее генерирование индивидуальной выборки тестовых заданий, организацию диалога с пользователем, вычисление и сохранение результатов тестирования.
3. Анализ тестирования, включающий статистическую обработку результатов тестирования и систему отчетов.

Анализируя технологии, используемые для практической реализации подобных систем, можно сделать вывод, что чаще всего в них применяются такие же архитектуры, алгоритмы, программно-инструментальные средства, как и в автоматизированных системах другого назначения. В системном анализе существует множество методов моделирования [1]. В качестве основы формирования системы мониторинга компетенций персонала предложено использовать экспертные системы, предусматривающие формирование библиотеки компетенций для персонала предприятия, занимающего разные должностные позиции. В течение последних десятилетий теория экспертных систем интенсивно развивалась [2]. Х. Рейхгелт и Ф. Ван Гармелен (1986) показали, что некоторые классы экспертных систем перекрываются или включают друг друга. В. Кленси (1985) предложил разделять синтетические операции, результатом которых является изменение структуры (конструкции) системы, и аналитические операции, которые интерпретируют характеристики и свойства системы, не изменяя ее как таковую.

Можно хронологически проследить историю развития систем тестирования знаний, которая началась с «монолитных» систем, установленных на каждом компьютере учебной лаборатории, с последующим сбором с них информации для дальнейшей обработки результатов. На смену пришли «клиент-серверные» системы, работавшие в компьютерной сети, предполагавшие установку на каждый компьютер клиента, предназначенного для ведения диалога с пользователем, и сервера для хранения собственно тестов и результатов тестирования.

Современный подход к реализации подобного рода систем предполагает многоуровневую распределенную сервис-ориентированную архитектуру (SOA, англ. Service-oriented architecture). Чаще всего клиентом является любой интернет-обозреватель, ведущий диалог с системой через web-интерфейс. Логика предметной области реализуется в виде отдельных модулей, которые могут быть как библиотеками методов, так и web-сервисами. Уровень доступа к данным отделяет физическую базу данных от других уровней системы. Такая архитектура обладает рядом преимуществ:

- возможность применения программы-клиента любой архитектуры, реализованной на любом языке программирования;
- независимость пользователя от какой-либо конкретной аппаратной платформы;
- упрощение процессов создания новых компонент и интеграции их в существующую систему;
- глобальная доступность системы, ее способность работать как локальной сети ВУЗа, так и во внешней сети Интернет;
- упрощение интеграции и взаимодействия с другими системами.

Несмотря на значительные успехи с точки зрения практического применения автоматизированных систем тестирования, остается множество нерешенных проблем и задач, требующих проработки. Прежде всего, это задачи повышения объективности, эффективности и достоверности контроля. Каким образом оценить качество тестовых заданий? Как автоматизировать процесс повышения качества теста? Как повысить объективность тестов и достоверность результатов тестирования? Автором разработаны модели и алгоритмы, позволяющие решить некоторых из поставленных задач [3].

В последние годы в системах тестирования для решения различных задач наблюдается интенсивное применение моделей и методов теории и практики искусственного интеллекта. Следует отметить современные тенденции в моделировании и реализации систем тестирования как многоагентных систем (МАС, англ. Multi-agent system). Была разработана модель генератора выборки тестовых заданий, который использует агентов, выполняющих функцию повышения объективности контроля. На основе предложенной модели реализован программный модуль, функции которого заключаются в том, чтобы испытуемому в ходе генерации случайной выборки тестовых заданий не попадались «плохие» задания.

К настоящему времени в значительной мере проработаны педагогические аспекты автоматизации тестирования. В частности, даны определения и рассмотрены общие требования к компьютерным тестам, такие как валидность, определенность, простота, однозначность, надежность и т.п. В современных системах тестирования используются различные типы тестовых заданий: закрытые (одно- и многоальтернативные), открытые, задания на установление соответствия между элементами, задания на установление правильной последовательности, ситуационные тестовые задания и др. Среди современных подходов к реализации систем тестирования следует отметить модели распознавания образов уровня знаний, модели адаптивного тестового контроля, модели нечеткого оценивания знаний тестируемого, модели оценивания компетентности обучаемого, предметно-критериальную методику составления тестов, информационно-генетические алгоритмы и многие другие.

Автоматизированная система тестирования знаний, построенная с учетом описанных выше положений, находится в эксплуатации в Высшей инженерной школе (ВИШ) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ). В ходе своего развития система претерпела существенные изменения. К настоящему времени эту систему можно охарактеризовать как распределенную и многоуровневую. Рассмотрим объекты предметной области, с которыми взаимодействует система. Понятие «Экзамен» (или тест) является ключевым в системе тестирования (рисунок 1).

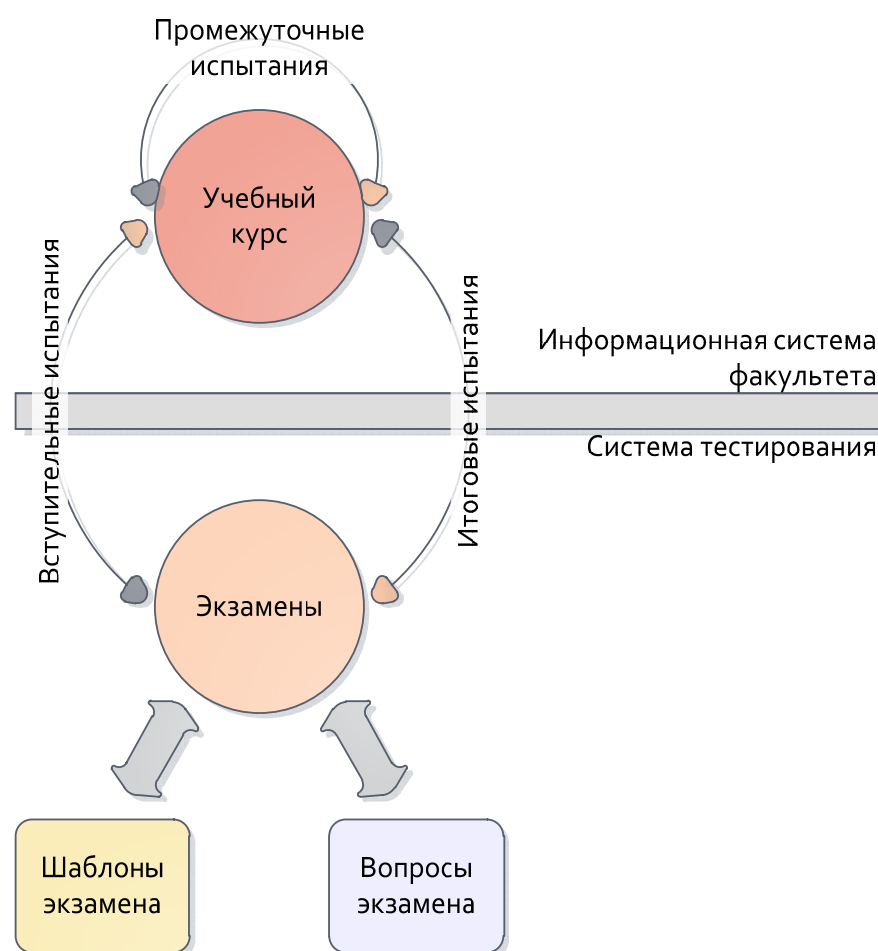


Рис. 1. Экзамен и его окружение

Экзамен состоит из «Вопросов» (или тестовых заданий). «Вариант ответа» на тестовое задание содержит текст варианта ответа и признак, определяющий, что этот вариант ответа правильный. На основе выбранного шаблона экзамена экзаменатор назначает испытуемому «Сеанс», в котором определены специфичные правила проведения экзамена (рисунок 2). Испытуемый может сам определить время, в которое ему будет удобно начать новую «Попытку».

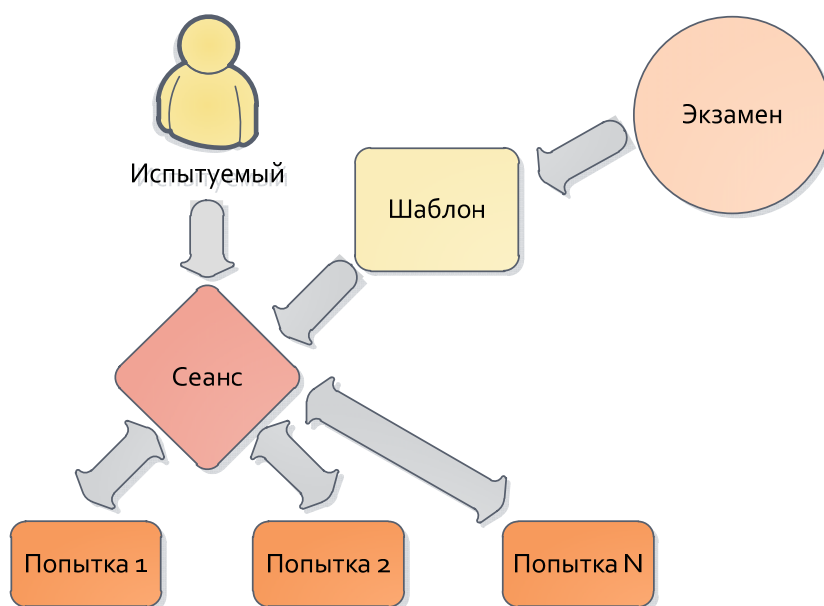


Рис. 2. Сеанс и его окружение

С точки зрения физической архитектуры приложение состоит из двух компонент: сервера баз данных и web-сервера. Для хранения данных используется та же физическая база данных, что и для комплексной системы автоматизации учебного процесса ВИШ СПбПУ. Иными словами, система тестирования является частью информационной системы подразделения.

В системе реализована комплексная модель защиты информации на всех уровнях многоуровневой архитектуры распределенного приложения. Любой пользователь, какие бы функции в системе тестирования он бы не выполнял, прежде всего, регистрируется в сетевом каталоге Microsoft Active Directory. Только пройдя успешную аутентификацию, пользователь сможет работать в системе. Второй уровень контроля доступа определяется разрешением на доступ к серверу баз данных, на котором физически размещается база данных системы тестирования. Следующий уровень контроля доступа определяется разрешением на доступ в логическую базу данных, используемую системой тестирования.

Уровень доступа к данным реализован в виде библиотеки классов, уровень логики предметной области также реализован в виде библиотеки классов. В большинстве случаев это кластер классов – собственно класс, представляющий какой-то объект предметной области, и класс-коллекция, т.е. набор однотипных объектов предметной области.

Разработанная и апробированная модель автоматизированной системы тестирования знаний на основе сервисно-ориентированной архитектуры [4] предусматривает возможность интеграции в нее новых модулей. Это позволит выбирать различные стратегии подсчета итогового

балла в зависимости от потребностей, которые могут быть реализованы с помощью web-сервисов. В агенте оценки качества тестов предлагается реализовать нечеткую оценку качества тестов. Оценка качества тестов проводится на основе нечётких понятий: «очень плохой», «плохой», «средний», «хороший», «очень хороший». Числовые значения истинности задаются экспертом.

Поскольку система разрабатывается для оценки компетентности персонала как часть системы управления корпоративными знаниями предприятия, предполагается, что экспертами, авторами тестов являются представители работодателя, специалисты в предметной области. Однако следует заметить, что данная система ориентирована не только на получение внутренней оценки.

В настоящее время регулирование вопросов сертификации квалификации работников осуществляется в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» в рамках создания систем добровольной сертификации по отдельным профессиям (областям профессиональной деятельности) и в отдельных сферах деятельности на основании отраслевого законодательства. В связи с повышением требований к квалификации работников и постоянным обновлением компетенций работников возникает необходимость совершенствования подходов к оценке квалификации. Полученные в рамках непрерывного образования, в том числе на производстве, компетенции работников требуют подтверждения, которое имело бы универсальное признание. В целях организации работы по оценке квалификации в определенном виде профессиональной деятельности создаются советы по профессиональным квалификациям на базе отраслевого (межотраслевого) объединения работодателей или ассоциации, представляющих профессиональные сообщества. Решением Национального совета создаваемые советы наделяются полномочиями по отбору юридических лиц (центров оценки квалификации) для проведения оценки квалификации. Центры оценки квалификации проводят оценку квалификации в форме профессионального экзамена и оформляют ее результаты.

Разработанная система мониторинга компетентности персонала может быть рекомендована для использования в центрах независимой оценки компетентности персонала. В данном случае осуществляется внешняя оценка соответствия квалификации сотрудника тем требованиям, которые установлены к компетенциям сотрудников, занятых в выполнении определенного вида деятельности.

Список литературы

1. Волкова В.Н., Козлов В.Н., др. Моделирование систем и процессов. Учебник. / Сер. 58. Бакалавр. Академический курс – М.: ЮРАЙТ, 2016. – 450 с.

2. Дж. Джарратано, Г. Райли. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. – М: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 1152 с.
3. Кудakov A.B. Системный анализ в управлении персоналом // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции. 2016. – С. 414-420.
4. Кудakov A.B. Система мониторинга компетентности персонала предприятия // Международный научно-исследовательский журнал, 2016, № 4, часть 2. – С. 113-117. [Режим доступа: <http://research-journal.org>]

УДК 681.5

Белоусов Вадим Евгеньевич

канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой автоматизации
технологических процессов и производств

Романов Александр Владимирович,

Ушаков Александр Николаевич

студенты

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ

г.Воронеж, Воронежский государственный технический университет,
science2000@ya.ru

Аннотация. Предложена информационная технология поиска индивидуальной траектории инклюзивного образования, которая зависит от показателей психофизического развития индивида, ограничений, связанных с основным заболеванием обучающегося.

Ключевые слова: инклюзивное образование, траектория обучения, информационная технология.

Vadim Belousov

PhD, docent, VSTU

Alexander Romanov,

Alexander Ushakov

Students

COMPUTER DESIGNING OF INDIVIDUAL EDUCATIONAL TRAJECTORY

Voronezh, Voronezh State Technical University, science2000@ya.ru

Abstract. The information technology, that automates the process of building an individual educational, depends on indicators of mental and

physical development of the individual, limitations associated with the underlying disease and indicators of training of the child.

Keywords: inclusive education, learning trajectory, information, dubsystem.

Введение. Обучение детей с ограниченными возможностями требует определенных условий организации учебного процесса и специальных форм, методов, средств и технологий обучения. Выбор индивидуальной траектории обучения для каждого ребенка, имеющего ограничения – процесс сложный и эксклюзивный.

Принятие решения основывается на экспертных оценках состояния здоровья учащегося по различным параметрам физиологического, психо-эмоционального, умственного состояния на каждом этапе обучения. При этом составляется такая траектория обучения, которая позволит реализовать индивидуальные способности ребенка, увеличить интеллектуальный потенциал и уровень образования.

Информационная технология поиска индивидуальной образовательной траектории разрабатывается авторами статьи. Для ее реализации создана программа «Оптимизация траектории обучения на основе экспертных оценок» в виде многооконного пользовательского Windows приложения в интегрированной среде программирования Embarcadero RAD Studio XE3.

Разработка информационной подсистемы траектории обучения Архитектура приложения представляет собой локальную клиентсерверную информационную систему. База данных хранит информацию об обучаемых, а также список экспертов. Экспертиза осуществляется с использованием пользовательского интерфейса. Структура приложения представлена на рис. 1.

Расчет экспертных оценок строится на основе входных данных, к которым относятся список учащихся, список критериев оценки состояния ученика, и мнений экспертов по данным критериям. Для редактирования списка критериев в программе предусмотрен модуль «Редактирование списка критериев». Сбор экспертных оценок осуществляется модулем «Сбора экспертных оценок», где экспертам предлагается выставить оценку от 0 до 1 по каждому из критериев, указанных в данных ученика. Эти данные уже известны и являются основными характеристиками состояния здоровья данного ребенка [1]. После ввода исходных данных происходит расчет количественного значения показателя критерия общей физиологии, интеллекта и ограничений в передвижении.

Данные критерии состоят из параметров, каждый из которых оценивается экспертом.

Информационная технология поиска индивидуальной образовательной траектории основана на нечеткой математической модели [2].



Рис. 1. Структура приложения «Оптимизация траектории обучения на основе экспертных оценок»

а рис. 2 представлено основное окно приложения «Оптимизация траектории обучения на основе экспертных оценок».

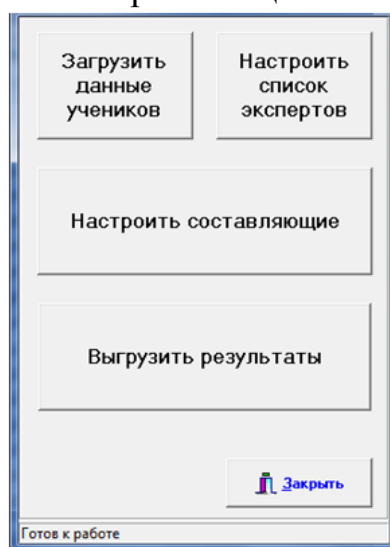


Рис. 2. Основное окно приложения «Оптимизация траектории обучения на основе экспертных оценок»

Выпадающий список «Загрузить данные учеников» содержит ФИО обучаемых, оценка параметров которых будет производиться. Для оценки здоровья ребенка необходимо его выбрать в представленном списке. Если фамилия отсутствует, ее можно добавить, заполнив записи в исходном файле. Редактирование списка учащихся осуществляется модулем Список учеников, на форме «Список обучаемых и их характеристик». Одновременно с фамилией ученика заполняется состояние его параметров, которое уже известно из предыдущих исследований. Экспертиза состояния ребенка производится в модуле «Мнения экспертов». Для расчета оценки состояния здоровья учащегося каждый из экспертов выставляет количественную оценку по всем критериям на основе психологических исследований, медицинского заключения или личного наблюдения за ребенком. На рис. 3 представлено окно модуля экспертной оценки по всем критериям.

Рис. 3. Окно проведения экспертизы

После того, как будет произведена экспертная оценка, необходимо нажать кнопку «Выгрузить результаты». Рекомендации выгружаются в отдельный текстовый файл. Рекомендации даются куратором обучающегося, который также выступает в роли эксперта. Выбор траектории обучения предполагает выбор учебного плана, по которому ребенок должен обучаться. Подробнее о правилах соответствия индивидуальной траектории и учебного плана изложено в [3].

Оценка результативности применения информационной системы «оптимизация траектории обучения на основе экспертных оценок»

Комплексный эксперимент по внедрению информационной технологии для формирования индивидуальной траектории обучения детей с ограниченными возможностями проводился в Воронежском институте высоких технологий с 2010 г. по 2014 г. Для апробации результатов исследования были выбраны три группы учащихся факультета среднего профессионального образования, обучающихся дистанционно: две группы экспериментальных и одна контрольная. Все три группы обучаются по одному и тому же направлению подготовки, однако, первая экспериментальная группа (1Э) состоит из 4 инвалидов – колясочников, вторая экспериментальная группа (2Э) состоит из трех учащихся с неврологическими нарушениями, в работе с контрольной группой, состоящей из 5 человек с нарушениями опорно-двигательного аппарата и неврологическими проблемами, спроектированная система не использовалась. В ходе организации и проведения эксперимента определялся исходный уровень готовности учащихся к обучению: по диагностическим контрольным работам, экзаменационным сессиям, результатам тестирования. В качестве критериев эффективности функционирования спроектированной системы были взяты: средняя оценка успеваемости, мотивация, выбор образовательной траектории (следующего образовательного маршрута), участие во внеаудиторной и научной деятельности, уровень достижений, сформированность интеллектуальных качеств. Приведем результаты статической обработки данных эксперимента, проводимого с целью выявления преимущества введения информационной подсистемы выбора траектории обучения детей с ограниченными возможностями. Исходные данные получены в течение четырех лет (с 2010 по 2014 г.). Результаты обучения – средний балл зачетки – сопоставимы во всех трех группах. Для сравнения результатов обучения с внедрением информационной технологии и без нее использован парный критерий Уилкоксона. Принцип применения критерия следующий. Для каждой группы вычисляется величина среднегодовой оценки и величина изменения наблюдаемого признака. Наблюдаемые признаки упорядочиваются по абсолютной величине. Затем рангам приписывают знак изменения и суммируют эти «знаковые» ранги – в результате получается значение кри-

терия Уилкоксона W. Метод основан на рангах, поэтому не нуждается в предположении о типе распределения изменений.

В соответствии с полученными величинами, предположение о том, что выборочные средние статистически достоверно отличаются друг от друга, подтвердилось, при вероятности допустимой ошибки, не превышающей 3 %.

Заключение

Проанализировав данные по успеваемости контрольной и экспериментальных групп учащихся, их интеллектуальные качества и выбор образовательной траектории, можно утверждать, что в результате обучения с использованием информационной технологии выбора индивидуальной траектории обучения, предложенной авторами, качественные показатели интеллектуального и психофизиологического состояния учащихся с ограниченными возможностями улучшились, увеличился личностный и интеллектуальный потенциал их деятельности.

Список литературы

1. Пархоменко Т.Л. Применение метода индивидуальной образовательной траектории к обучению физике детей с ограниченными возможностями здоровья / Фундаментальные исследования. – № 2. – 2011. – с. 50–52.
2. Лавлинская О. Ю. Применение нечетко-множественного подхода в реализации государственной программы «Доступная среда» (2011-2015г.г.) // О. Ю. Лавлинская, В. Е. Белоусов, Е. Н. Десятирикова, И.Н.Гончарова, Н. В. Чернякова / Инновационный Вестник Регион. – № 2. – 2014. – с. 61–67.
3. Гончарова И. Н. Моделирование и разработка адаптивной образовательной траектории для учащихся с ограниченными возможностями // Гончарова И. Н., Чернякова Н. В., Новикова Н. Г. / Вестник ВИБТ, Воронеж, Научная книга. – № 12. – 2014. – с. 211–215.

УДК 004.414.2:518.9

Хлудова Марина Васильевна,
канд.техн. наук., доцент
Шмаков Владимир Эдуардович,
канд.техн. наук., доцент

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ»

Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, mkhld@spbstu.ru

Аннотация: Целостный междисциплинарный курс по экологии и математике полезен для привлечения студентов к исследовательской

карьере в данной области. Однако различие в академической культуре между математикой и экологией создает проблемы для разработки целостного курса и его внедрения. Используя системный подход, мы описываем генезис, цели, принципы проектирования и структуру профессиональных исследовательских компетенций в курсе по математической экологии, а также обсуждаем сложности, которые могут возникнуть в проектировании и реализации подобных курсов.

Ключевые слова: целостный междисциплинарный курс, математическая экология.

Marina V. Khludova,
PhD, associated professor
Vladimir E Shmakov.
PhD, associated professor

SYSTEM APPROACH TO CREATING AN INTERDISCIPLINARY COURSE IN MATHEMATICAL ECOLOGY

St.Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
mvkhludova@rambler.ru

Abstract: An integrated interdisciplinary course in ecology and mathematics is useful for recruiting students to interdisciplinary research careers, but differences in academic culture between mathematics and ecology provide challenges to creating an integrated course and implementing it. Using system approach we describe the genesis, objectives, design policies, and structure of the professional research skills in Mathematical Ecology course and discuss the difficulties that can arise in designing and implementing similar interdisciplinary courses.

Key words: integrated interdisciplinary course, mathematical ecology.

На современном рынке труда востребован специалист с широким кругозором, готовый к самообразованию и постоянному повышению квалификации. Среди приоритетов подготовки такого специалиста можно назвать применение информационно-коммуникационных технологий обучения и внедрение междисциплинарных курсов, разработанных с использованием системного подхода, как в части организации учебного процесса, так и содержания учебного курса.

Учебный междисциплинарный курс по математической экологии (МЭ) предполагается разработать для студентов бакалаврского уровня подготовки для обучения в рамках летних и зимних школ. Идея взаимосвязи различных учебных дисциплин и специальностей как идея политехнической подготовки специалистов уже более ста лет воплощается в жизнь в СПбПУ Петра Великого [1].

В результате изучения дисциплины МЭ студент должен овладеть основами построения моделей экологических систем, методами их качественного и количественного исследования. Кроме того, он должен уметь провести исследование по МЭ: (а) собрать лабораторные данные по экологической проблеме, (б) используя эти данные оценить параметры выбранной математической модели, (в) используя математическую модель сделать предсказания, (г) провести дополнительный эксперимент для проверки предсказания, (д) подготовить заключение по результатам исследования. Студент должен владеть навыками научных коммуникаций: (а) читать и обсуждать публикации по экологии, (б) писать научные сообщения, (в) создавать объекты с графическим представлением результатов анализа экологических систем.

Из представленных знаний, умений и навыков можно сформулировать принципы проектирования междисциплинарного исследовательского курса:

- (а) умения важны не меньше, чем знания,
- (б) учебный курс должен содержать как теоретическую, так и экспериментальную части,
- (в) темы исследовательских проектов должны быть предложены экологами и одобрены математиками,
- (г) курс должен быть целостным: все эксперименты должны сопровождаться теоретической поддержкой,
- (д) по результатам исследования студент должен подготовить выпускную работу,
- (е) курс должен быть автономным и содержать базовые сведения по математическому анализу, математической статистике и биологическим методам исследования для студентов с разными уровнями начальной подготовки.

Содержательное наполнение курса по МЭ также осуществляется с применением общей теории систем, которая открывает путь к созданию моделей, описывающих экологические системы в терминах математических уравнений. Основным объектом исследований в экологии являются экосистемы, которые характеризуются [2, с.6]:

(а) Структурной и динамической сложностью. Первая - заключающаяся в том, что количество и разнообразие элементов и видов связей между элементами системы, а также между системой и окружающей средой, очень велико. Динамическая сложность проявляется для систем с малым количеством элементов, но со сложным поведением.

(б) Целостностью, проявляющейся в том, что система может иметь свойства, отличные от свойств отдельных элементов, причем эти свойства становятся явными только в результате взаимодействия отдельных элементов.

(в) Многомерной устойчивостью, способностью системы поддерживать свою структуру более или менее стабильной на протяжении некоторого отрезка времени (для экосистем – это сохранение числа видов и их количественного соотношения в данном сообществе).

В зависимости от целей исследования в МЭ выделяют три основные группы математических моделей: модели оценки численности и устойчивости популяций, задачи распространения загрязнений в водных и воздушных средах, эколого–экономические модели.

По типу математического аппарата и требуемой точности результатов модели можно разбить на четыре класса:

(а) Первый – описательные модели: регрессионные и другие эмпирически установленные количественные зависимости, не претендующие на раскрытие механизма развития описываемого процесса.

(б) Второй - модели качественные, которые строятся с целью выяснения механизма развития изучаемого процесса (популяционной динамики), способные воспроизвести наблюдаемые динамические эффекты в поведении систем (модели на основе дифференциальных уравнений, разностные модели, матричные модели).

(в) Третий класс – имитационные модели конкретных экологических и эколого-экономических систем, учитывающие всю имеющуюся информацию об объекте. Цель построения таких моделей – детальное прогнозирование поведения сложных систем или решение оптимизационной задачи их эксплуатации.

(г) Четвертый класс принадлежит к достаточно новому научному направлению, связанному с нечетким когнитивным моделированием. Смысл подхода в том, что моделируется не сам изучаемый объект, а то, как этот объект отображается в сознании экспертов, хорошо знающих и имеющих опыт в изучении данного объекта. Для формализации таких знаний в разработан аппарат когнитивных карт, представляемых как (рис. 1) ориентированный знаковый граф (F, W) , где $F = \{f_i\}$ - множество факторов ситуации, $W = |w_{ij}|$ - матрица смежности орграфа, $w_{ij} \in [-1, +1]$.

Наименование факторов, номера которых указаны в вершинах графа на рис. 1: 1 - площадь поверхности озера, 2 - площадь водосбора, 3 – средняя глубина, 4 – максимальная глубина, 5 – степень изрезанности береговой линии, 6 – объем водной массы, 7 – природная зона расположения озера, 8 – географическая широта расположения, 9 – высота среднего уровня озера над уровнем моря, 10 – коэффициент условного водообмена, 11 – годовые колебания уровня, 12 - вынос общего фосфора с водосбора в озеро, 13 - вынос органического углерода с водосбора в озеро, 14 - вынос загрязняющих веществ с водосбора в озеро, 15 – степень урбанизированности водосбора, 16 – интенсивность испарения с поверхности, 17 – радиационный баланс на поверхности, 18 – турбулентный поток те-

пла между поверхностью озера и атмосферой, 19 – продолжительность ледостава, 20 – термическая стратификация озера, 21 – количество градусо-дней в эпилимнионе, 22 – степень развития литорали, 23 – степень развития высшей водной растительности, 24 – общая минерализация воды, 25 – наличие зимнего дефицита растворенного в воде кислорода, 26 – наличие гипolimниального дефицита кислорода, 27 – прозрачность воды по диску Секки, 28 – цветность воды, 29 – концентрация неорганических взвешенных частиц в воде, 30 – концентрация общего фосфора в воде, 31 – концентрация общего азота в воде, 32 – концентрация кремния в воде, 33 – первичная продукция фитопланктона, 34 – биомасса фитопланктона, 35 – глубина фотического слоя, 36 – интенсивность вертикального турбулентного перемешивания, 37 – биомасса бактериопланктона, 38 – биомасса бентоса, 39 – биомасса зоопланктона, 40 – биомасса рыб-планктофагов, 41 – биомасса рыб-бентофагов, 42 – биомасса хищных рыб, 43 – интенсивность промысла рыб, 44 – вылов рыб, 45 – концентрация детрита в воде, 46 – интенсивность осадконакопления, 47 – концентрация загрязняющих веществ в воде, 48 – концентрация загрязняющих веществ в донных отложениях.

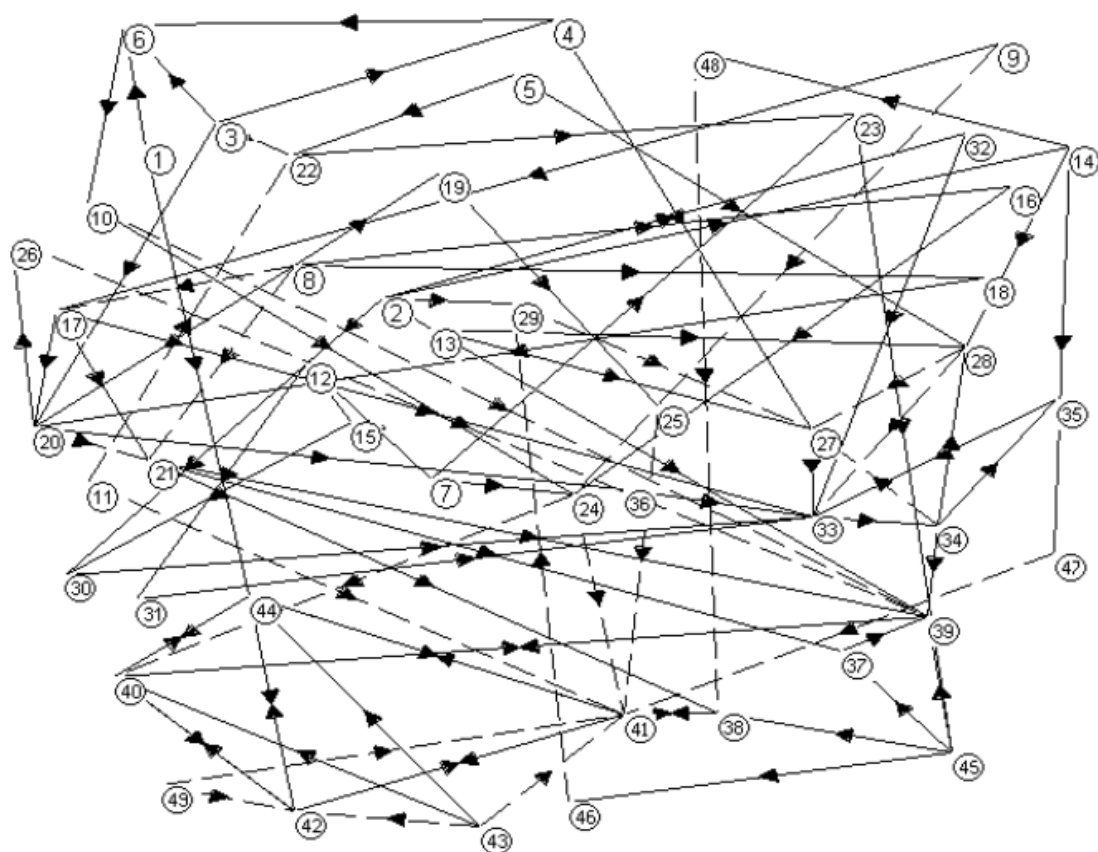


Рис.1 Когнитивная карта озерной экологической системы [3]. Сплошные линии – положительные связи, штриховые линии – отрицательные связи.

Преимущество когнитивных моделей в том, что они позволяют прогнозировать развитие сложных процессов, для которых еще не получены количественные соотношения в виде уравнений, или эти уравнения настолько сложны, что в каждом случае требуют отладки дорогостоящего программного обеспечения [4]. Недостаток нечетких когнитивных моделей заключается в их субъективности. Когнитивные карты могут различаться у разных исследователей, поскольку напрямую зависят от их опыта.

Список литературы

1. М.П. Федоров, М.Ф. Романов. «Математика и экология». Научно-технические ведомости. Издательство СПбГТУ. №3, 1997, с.26-29
2. Зарипов Ш.Х. Введение в математическую экологию: учебно-методическое пособие / Казань: Изд-во Казанского федерального университета, 2010. – 47 с.
3. Меншуткин В.В., Руховец Л.А., Филатов Н.Н. Моделирование экосистем пресноводных озер (обзор). Две модели пресноводных озер // Водные ресурсы. – 2014. - Т. 41. - № 1. - С. 24–38.
4. Горелова Г.В., Ильченко И.А. Когнитивное моделирование процессов загрязнения урбоэкосистем // Сб. трудов 4-й Междунар. конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций» CASC'2004, ИПУ РАН. Москва, 2004. Т.1. С.60–67.

УДК 004.65, 004.588, 378.147

Нестеров Сергей Александрович

канд. техн. наук, доцент

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРВОГО ПРОВЕДЕНИЯ КУРСА «БАЗЫ ДАННЫХ» С ПРЕПОДАВАНИЕМ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

г. Санкт-Петербург,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
nesterov@saiu.ftk.spbstu.ru

Аннотация. Рассматривается опыт перехода к преподаванию дисциплины «Базы данных» на английском языке на кафедре «Системный анализ и управление» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Приводятся примеры оценки результатов промежуточного тестирования знаний с использованием средств СДО Moodle.

Ключевые слова: междисциплинарный курс, базы данных дистанционное обучение Moodle.

Sergei A. Nesterov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

ANALYSIS OF THE RESULTS OF IMPLEMENTATION OF "DATABASE SYSTEMS" COURSE PARTLY TAUGHT IN ENGLISH

St-Petersburg, Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University,
nesterov@saiu.ftk.spbstu.ru

Abstract. The paper presents an experience of implementation of "Database systems" course partly taught in English. Also some examples of analysis of tests results in LMS Moodle are given.

Keywords: interdisciplinary course, database systems, e-learning, Moodle.

В 2016/2017 учебном году на кафедре «Системный анализ и управление» СПбПУ, в соответствии с принятыми в университете требованиями к объёму материала, изучаемого на иностранных языках, начато поэтапное внедрение преподавания ряда специальных дисциплин на английском. Среди них оказалась и дисциплина «Базы данных», читаемая бакалаврам 3-го курса.

Предварительная оценка знаний студентов показала, что уровень языковой подготовки студентов сильно различается, поэтому было принято решение в этом году читать на английском только отдельные модули лекционного курса, предоставляя студентам доступ к аналогичным материалам на русском через портал дистанционного обучения СПбПУ, который использует систему дистанционного обучения (СДО) Moodle. Кроме того, через СДО Moodle проводилось промежуточное тестирование уровня знаний студентов.

В качестве базового учебника для модулей курса «Базы данных», читаемых на английском, был выбран учебник Kroenke D., Auer D. *Database Processing: Fundamentals, Design, and Implementation* издательства Pearson Education [1]. Учебник относится к разряду классических, выдержавших много переизданий. Кроме того, издательством поддерживается комплект материалов для преподавателя, включающий презентации, учебные базы данных и наборы тестовых заданий, которые можно импортировать в Moodle.

В ходе проведения курса промежуточным тестам уделялось особое внимание, так как по их результатам можно было вовремя определить, насколько хорошо студенты усвоили темы, и есть ли разница в понимании материалов, читавшихся на русском и на английском.

Задания для тестов на английском языке выбирались случайным образом из банка тестовых заданий, предлагавшегося с учебником *Database Processing*, тест на русском языке был составлен лектором. Использование чужих заданий для тестов на английском

представлялось оправданным, т.к. они писались носителями языка и с лингвистической точки зрения должны быть корректны.

Но для тестовых заданий как на русском, так и на английском важно проводить анализ качества самих заданий, что можно сделать, изучая предоставляемые средой Moodle статистические показатели.

Статистические показатели качества тестовых заданий

В теории педагогических измерений для оценки качества тестовых заданий широко используется анализ статистических показателей, полученных в результате пилотного прохождения теста группой студентов. Некоторые из них используются СДО Moodle [2-4]. В частности, это *индекс лёгкости* (англ. facilityindex), который показывает, какая часть студентов ответила правильно на анализируемый вопрос. Для i -го тестового задания он определяется по формуле

$$F_i = \frac{\bar{x}_i}{x_i(\max)}, \quad (1)$$

где $\bar{x}_i$ – среднее значение набранных студентами баллов за i -е задание, $x_i(\max)$ – максимально возможная оценка за i -е задание. Этот коэффициент в отчетах Moodle приводится в процентном представлении.

Хороший тест должен включать задания разного уровня сложности. При этом, заданий с индексом легкости близким или равным как 1, так и 0, лучше избегать. В первом случае задание является излишне простым – на него все ответили правильно, во втором случае – излишне сложным.

Следующий используемый показатель – *стандартное отклонение* (англ. standarddeviation). Оно характеризует разброс значений оценок, полученных за данное задание теста. Если для какого-то задания этот показатель равен 0, это означает, что все тестируемые получили за этот вопрос одинаковую оценку. Такой вопрос следует признать неудачным. В литературе отмечается [3], что задания со значением стандартного отклонения менее 0,3 лучше исключать из теста, так как они не помогают разделить сильных и слабых учащихся.

Балл случайного угадывания (англ. randomguessscore) – оценка, которую мог бы получить студент при случайном угадывании ответов. Например, если требуется выбрать один вариант ответа из четырех возможных, это значение будет равно 25%.

Намеченный вес (англ. intendedquestionweight, IQW) – вес, который назначается тестовому заданию при формировании сценария теста. Если обозначить через $x_p(\max)$ и $x_p(\min)$ максимально и минимально возможные оценки за задание, а $T_{\max}$ и $T_{\min}$ – максимальную и минимальную возможные оценки за тест (в текущей версии Moodle $x_p(\min)$ и $T_{\min}$ всегда равны 0), получим формулу расчета этого показателя:

$$IQW_p = 100\% \cdot \frac{x_p(\max) - x_p(\min)}{T_{\max} - T_{\min}}. \quad (2)$$

Этот параметр рассчитывается не для конкретного вопроса, а для «позиции» задания в тесте. Например, в тесте на каждую позицию может случайным образом выбираться один из нескольких альтернативных вопросов на заданную тему.

Будем использовать, так же как в документации Moodle 2.0 и выше [4], для обозначения номера вопроса индекс i (все множество вопросов – I), для обозначения позиции в тесте – индекс p и множество P , для обозначения попытки сдачи теста – s и S , соответственно. Количество набранных студентом баллов за тест будет обозначаться T_s , оценка студента за конкретное задание теста – $x_p(s)$, оценка студента за все остальные задания $X_p(s)$:

$$T_s = \sum_{p \in P} x_p(s) \quad (3)$$

$$X_p(s) = T_s - x_p(s)$$

Дисперсия показателя будет обозначаться $V()$, например:

$$V(x_p) = \frac{1}{S-1} \sum_{s \in S} (x_p(s) - \bar{x}_p)^2. \quad (4)$$

Ковариация будет обозначаться через $C()$, например:

$$C(x_p, X_p) = \frac{1}{S-1} \sum_{s \in S} (x_p(s) - \bar{x}_p)(X_p(s) - \bar{X}_p). \quad (5)$$

Вернемся к рассмотрению рассчитываемых Moodle показателей.

Эффективный вес (англ. effectivequestionweight, EQW) характеризует фактическую долю конкретного задания («позиции» в тесте) в итоговой оценке студентов за тест.

$$EQW_p = 100\% \cdot \frac{\sqrt{C(x_p, T)}}{\sum_{p \in P} \sqrt{C(x_p, T)}}. \quad (6)$$

В идеале эффективный вес должен быть равен назначенному. Имея эти значения, преподаватель может скорректировать назначенные веса заданий теста.

Индекс дискриминации (англ. discriminationindex) обозначается в документации D_p и рассчитывается как:

$$D_p = 100\% \cdot \frac{C(x_p, X_p)}{\sqrt{V(x_p)V(X_p)}}. \quad (7)$$

Этот коэффициент показывает, насколько взаимосвязаны правильность ответа на данный вопрос и остальные вопросы теста. Для хорошего тестового вопроса, студенты с высокими оценками за него, также будут иметь более высокие оценки и за тест в целом. На это укажет положительное значение коэффициента. Если индекс лёгкости вопроса отличен от 50%, то D_p не может быть 100% [4]. Если индекс

лёгкости близок к 0% или 100%, то индекс дискриминации всегда будет очень маленьким, а при равенстве индекса лёгкости 0% или 100% D_p будет не определён.

Эффективность дискриминации (англ. discriminative efficiency) – еще один показатель, который по назначению во многом аналогичен индексу дискриминации. Он рассчитывается по формуле

$$DE_p = 100\% \cdot \frac{C(x_p, X_p)}{C_{\max}(x_p, X_p)}, \quad (8)$$

где $C(x_p, X_p)$ рассчитывается по формуле (5), а для расчёта $C_{\max}(x_p, X_p)$, множества значений $x_p(s)$ и $X_p(s)$ предварительно сортируются по возрастанию, как будто первый студент получил самые низкие баллы x_p и X_p , а последний студент получил самые высокие x_p и X_p .

Индекс дискриминации и эффективность дискриминации рассчитываются как для позиции в тесте, так и для отдельного вопроса.

Результаты анализа промежуточных тестов по курсу «Базы данных»

Как отмечалось выше, при изучении курса «Базы данных», студенты проходили промежуточные тесты в СДО Moodle. Тесты проводились в компьютерном классе в присутствии преподавателя. Время на прохождение тестов было ограничено 10 минутами на 1-й и 3-й тесты (на английском) и 7 минутами на 2-й тест (на русском).

Анализ результатов тестов показал, что с заданиями на русском студенты справились несколько лучше, хотя средний балл за тесты на английском языке был несущественно ниже, чем за тест на русском. Так за первый тест на английском средний балл был 2,77 по пятибалльной шкале. За второй тест (на русском) средний балл был 2,88, но по субъективной оценке, с точки зрения предметной области, вопросы были сложнее. За третий тест (на английском) средний балл был 2,68. Результаты приведены по первой попытке прохождения тестов, без учета пересдачи. Результаты второй попытки сдачи теста, которая давалась в конце семестра студентам, не набравшим необходимый для допуска к экзамену балл, обычно были лучше.

После анализа результатов первого теста было предположение, что на результат мог повлиять недостаток времени. Число заданий в тестах на английском было уменьшено с 15 (в первом тесте) до 12 (в третьем) при сравнимой сложности заданий. Но принципиального влияния на результат это не оказало.

Из предлагавшегося с учебником банка заданий для тестов брались только вопросы с выбором одного ответа из нескольких и вопросы с выбором «верно/неверно». Оценка за тест приводилась к оценке по пятибалльной шкале. Все вопросы принимались равнозначными.

Распределение оценок за первый (на английском) и второй (на русском) тесты показано на рис. 1-а и 1-б соответственно. Если сравнить приведенные гистограммы, можно заметить, что в соответствии с

результатами теста на русском, среди сдающих есть группа студентов с хорошим знанием предметной области (второй справа столбец гистограммы, больше всего студентов). Тогда как в результатах теста на английском такой большой группы хорошо сдавших студентов не наблюдается. По всей видимости, это говорит о том, что некоторые студенты хорошо разобрались в предметной области, но не так хорошо знают английский язык.

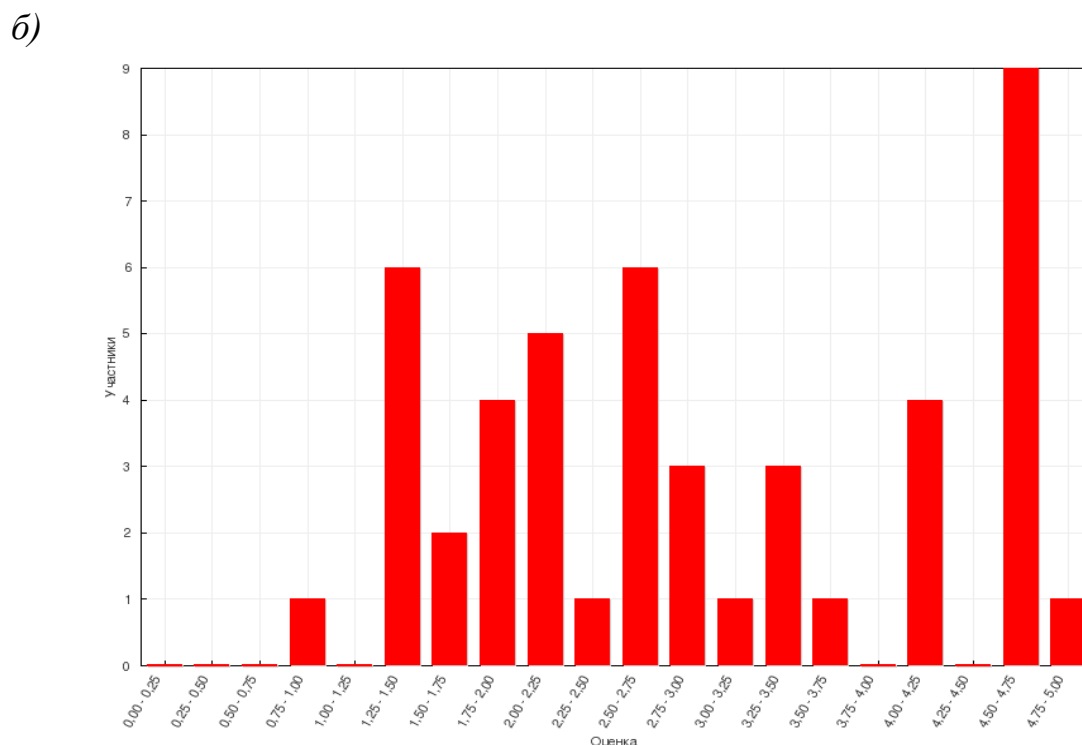
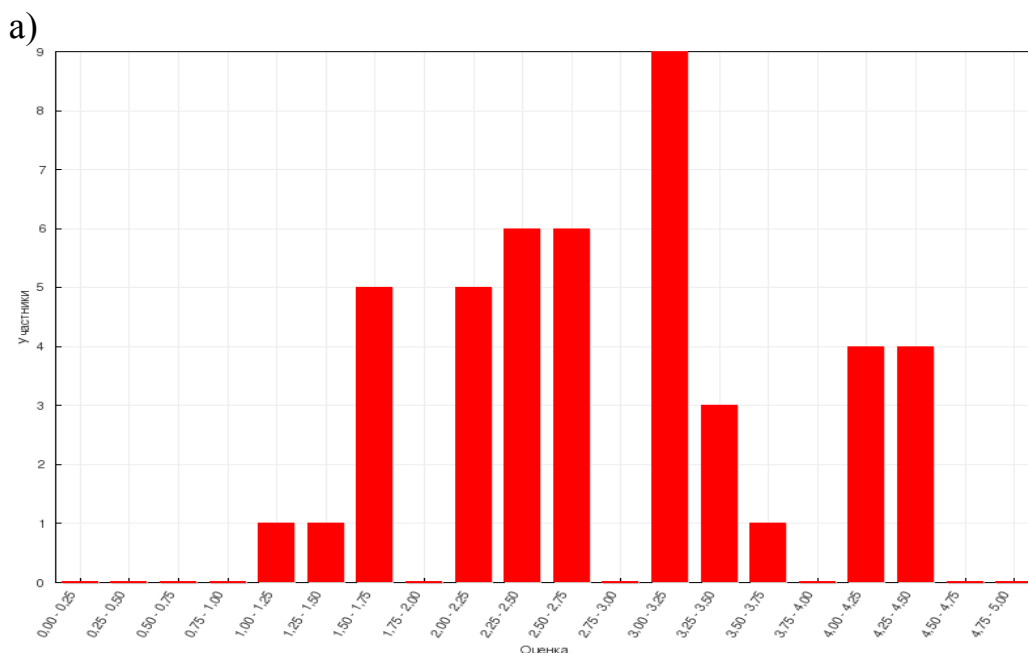


Рис.1. Распределение оценок за тест а) – на английском, б) – на русском

Не приводя подробный анализ статистических характеристик

тестовых заданий можно отметить, что сами задания, по всей видимости, соответствовали уровню подготовки студентов. В частности, из 40 заданий первого теста индекс легкости 100% был только у двух. Но оба эти задания были типа "верно / неверно", а этот тип задания всегда легче вопросов с множественным выбором. Среднее значение индекса лёгкости – 56.25% для вопросов по первой главе учебника DatabaseProcessing и 55.56% для вопросов по второй главе. Значения этого показателя 0% нет ни у одного задания, т.е. на каждое задание у каких-то студентов были правильные ответы. У четырех заданий был отрицательный индекс дискриминации, что является недостатком.

В тесте на русском максимальный индекс легкости у задания был около 83%, индекса легкости 0 – не было ни у одного задания, иными словами, на каждое задание были и правильные, и неправильные ответы студентов. Стандартное отклонение от 36,09% до 51,13%. Индекс дискриминации у всех заданий был положительным. Все это говорит о том, что задания на русском были в среднем несколько сложнее, но позволяли лучше разделить студентов по уровню знаний.

Некоторые характеристики всех трех промежуточных тестов и результатов их прохождения приведены в таблице 1.

Табл.1. Характеристики промежуточных тестов и их результатов

Показатель	Тест 1 (на англ.)	Тест 2 (на русск.)	Тест 3 (на англ.)
Время (мин.)	10	7	10
Количество заданий	15	12	12
Средний балл (по пятибалльной шкале; первая попытка)	2,77	2,88	2,68
Размер банка заданий	40	20	41
Заданий типа «верно/неверно»	11	-	-
Заданий типа «множественный выбор»	29	19	41
Заданий типа «числовой ответ»	-	1	-
Заданий с индексом легкости 100%	2	-	-
Заданий с индексом легкости 0%	-	-	1
Заданий с отрицательным индексом дискриминации	4	-	2

Анализ результатов промежуточного тестирования позволил

выявить темы, с освоением которых у студентов были трудности, и им было уделено дополнительное внимание. Можно сказать, что недостаточное знание английского языка создавало проблемы отдельным студентам. В то же время, отсутствие студентов, которые вообще не смогли ответить на поставленные вопросы тестов и средний балл за тесты на английском выше 50% от максимально возможного, говорит о том, что уровень языковой подготовки для данной группы не являлся непреодолимым барьером.

Результаты проводившегося на русском итогового экзамена показали, что уровень знания студентами материала примерно соответствует тому, что показывали студенты в прошлые годы, когда курс велся только на русском. Кроме того, 10 студентов в течение семестра дополнительно прошли англоязычный курс Querying with Transact-SQL, размещенный на платформе edX корпорацией Microsoft <https://www.edx.org/course/querying-transact-sql-microsoft-dat201x-5> и предъявили успешные результаты сдачи тестов.

В целом, можно утверждать, что проведение курса в таком формате не только позволяет студентам получить знания в предметной области, но и готовит их к самостоятельному изучению ИТ-курсов на английском языке и работе с англоязычной документацией. Хотя такой формат требует заметно больших усилий как от преподавателя, так и от студентов.

Список литературы

1. KroenkeD., AuerD. DatabaseProcessing: Fundamentals, Design, andImplementation. GlobalEdition. – PearsonEducation, 2016. ISBN: 9781292107639.

2. Коржик И.А., Протасова И.В., Толстобров А.П. Тестовая система Moodle и качество тестовых заданий. // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 187-196.

3. Толстобров А.П., Коржик И.А. Возможности анализа и повышения качества тестовых заданий при использовании сетевой системы управления обучением MOODLE. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2008. № 2. С. 100-106.

4. Quizstatisticscalculations. URL:
http://docs.moodle.org/dev/Quiz_statistics_calculations

АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ФГОС ВПО И ФГОС ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Санкт-Петербург. Школа № 274.
july.golub@gmail.com

Аннотация: Представлен анализ ФГОС ВПО и среднего образования, рассмотрены основные положения самой системы образования и основных ее определений. Представленный анализ на основе системно-структурного подхода позволяет рассмотреть наличие и/или отсутствие «разрывов» между стандартами различных ступеней образования в России.

Ключевые слова: ФГОС, система образования, стандарты, анализ, системно-структурный подход.

Yulia A. Golub,
the applicant

THE ANALYSIS OF STANDARTS OF GEF ESET AND GEF SECOND GENERATION OF SCHOOL EDUCATION

Saint Petersburg School № 274
july.golub@gmail.com

Abstract: The analysis of the GEF HVE and secondary education is presented, the main provisions of the education system and its main definitions are considered. The presented analysis on the basis of the system-structural approach. Consideration of the presence and / or absence of "gaps" between the standards of different levels of education in Russia.

Keywords: GEF, education system, standards, analysis, system-structural approach.

0. Введение

Стандартизация любого процесса (образовательного, технологического, экономического, политического и т.д.) обязательно носит строгий регламентирующий характер. Процесс стандартизации в целом необходимое условие для поддержания обязательных условий существования процесса в целом и самой системы, его образующей.

Согласно определению из словаря Ушакова Ф.Ф., стандартизация это «приведение приемов работы к однообразным нормам». Разработка

норм в каждой системе – обязательное условие существования самой системы, особенно на примере системы образования в целом.

Согласно определению из федерального закона от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 01.05.2017) "Об образовании в Российской Федерации" (статья 10):

1. Система образования включает в себя:

2. Образование подразделяется на общее образование, профессиональное образование, дополнительное образование и профессиональное обучение, обеспечивающие возможность реализации права на образование в течение всей жизни (непрерывное образование).

3. Общее образование и профессиональное образование реализуются по уровням образования.

4. В Российской Федерации устанавливаются следующие уровни общего образования:

- 1) дошкольное образование;
- 2) начальное общее образование;
- 3) основное общее образование;
- 4) среднее общее образование.

5. В Российской Федерации устанавливаются следующие уровни профессионального образования:

- 1) среднее профессиональное образование;
- 2) высшее образование - бакалавриат;
- 3) высшее образование - специалитет, магистратура;
- 4) высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации.

6. Дополнительное образование включает в себя такие подвиды, как дополнительное образование детей и взрослых и дополнительное профессиональное образование.

7. Система образования **создает условия для непрерывного образования посредством реализации основных образовательных программ** и различных дополнительных образовательных программ, предоставления возможности одновременного освоения нескольких образовательных программ, а также учета имеющихся образования, квалификации, опыта практической деятельности при получении образования.

1. Анализ стандартов. Постановка проблемы

Возникает вопрос о соблюдении условий непрерывности и реализации самих программ. На разных уровнях образования действуют свои специализированные стандарты. Уровень профессионального образования определен Координационным советом УМО и научно-методических советов высшей школы, уровень общего образования определяется Министерством образования России.

Федеральный государственный стандарт второго поколения школьного образования имеет качественно новую ориентацию – на

результат. Целью изучения любого предмета в школе становится формирование универсальных учебных действий (личностные, регулятивные, познавательные, коммуникативные УУД)

Разная терминология стандартов и разные подходы к «конечному продукту», а именно – выпускнику, привели к неточности восприятия требований, предъявляемых учащимся на всех ступенях образования. Установление связей школа – вуз в применении к инженерным специальностям может способствовать лучшему регулированию форматов образования и требований к специалистам.

ФГОС нового поколения для общего (полного) образования регламентирует требования к результатам освоения основной образовательной программы основного общего образования.

личностным, включающим готовность и способность обучающихся к саморазвитию и личностному самоопределению, сформированность их мотивации к обучению и целенаправленной познавательной деятельности, системы значимых социальных и межличностных отношений, ценностно-смысловых установок, отражающих личностные и гражданские позиции в деятельности, социальные компетенции, правосознание, способность ставить цели и строить жизненные планы, способность к осознанию российской идентичности в поликультурном социуме;

метапредметным, включающим освоенные обучающимися межпредметные понятия и универсальные учебные действия (регулятивные, познавательные, коммуникативные), способность их использования в учебной, познавательной и социальной практике, самостоятельность планирования и осуществления учебной деятельности и организации учебного сотрудничества с педагогами и сверстниками, построение индивидуальной образовательной траектории;

предметным, включающим освоенные обучающимися в ходе изучения учебного предмета умения специфические для данной предметной области, виды деятельности по получению нового знания в рамках учебного предмета, его преобразованию и применению в учебных, учебно-проектных и социально-проектных ситуациях, формирование научного типа мышления, научных представлений о ключевых теориях, типах и видах отношений, владение научной терминологией, ключевыми понятиями, методами и приемами.

В Федеральных государственных стандартах высшего образования определены компетенции общекультурные (ОК), общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные компетенции (ПК) по соответствующим направлениям подготовки бакалавров и магистров. Эти компетенции определены на основе обобщения опыта ведущих специалистов. В то же время направления постоянно развиваются, и необходимо корректировать компетенции и развивать их в методическом комплексе учебного плана.

Сопоставление требований - необходимая базовая операция для контроля за условиями реализации программ и ее содержания.

Полноценный и всесторонний анализ стандартов требует разработки и применения соответствующих автоматических процедур и методов для определения состава каждой компоненты и условия их сравнения. Даже с учетом укрупненных исследований следует понимать, что рассматривать соотношения стандартов имеет смысл не только в узком ключе (например при переходе от вчерашнего школьника к сегодняшнему студенту), но и более широком понимании. Стандарты определяют правила и принципы функционирования каждой роли, каждого пользователя системы образования, соответственно, анализ должен отражать их потребности и требования, выдвигаемые к ним как отдельным аватарам или группам людей. В данном контексте понятие «аватар» включает в себя определенные роли (школьники, учителя, студенты, преподаватели, родители, общественные наблюдатели и т.д.) Система образования – живая структура, не только потому, что она в себе содержит правила межличностных отношений, но и потому, что ее гибкость и развитие напрямую влияют на общую тенденцию развития общества.

3. Применение методов системного анализа для решения поставленной задачи

В настоящее время предлагается рассмотреть контекст взаимоотношений школьник-бакалавр инженерной специальности, требования, которые к нему выдвигаются. Таким образом, в данной задаче аватар определяется однозначно, также как и его роль в обществе. Прежде всего необходимо определить все компоненты рассматриваемой системы

Подход к определению системы позволяет рассматривать ФГОС как систему, а следовательно, применять методики системного анализа. Предложенное В.Н. Волковой определение, отражающее системно-целевой подход, позволяет не расчленять объект, в данном случае ФГОС, на элементы, а представить его как совокупность укрупненных компонент, принципиально необходимых для существования и функционирования исследуемой или создаваемой системы:

$$S_{def} \equiv \langle Z, STR, TECH, COND, N \rangle,$$

Также в методике учитывается метод решающий матриц (МРМ), предложенный Пospelовым, как средство стратифицированного расчленения проблемы с большой неопределенностью на подпроблемы и пошагового получения оценок.

Однако, если в классическом МРМ принято рассматривать проблему в виде взаимоотношений между горизонтальными стратами и их элементами (см. рис. 1), то для решения данной проблемы целесообразно «перевернуть» матрицу, при этом можно воспользоваться математическим термином «определитель» и зафиксировать его за определением

системы с точки зрения системно-целевого подхода, тогда МРМ будет иметь следующий вид (рис. 2).

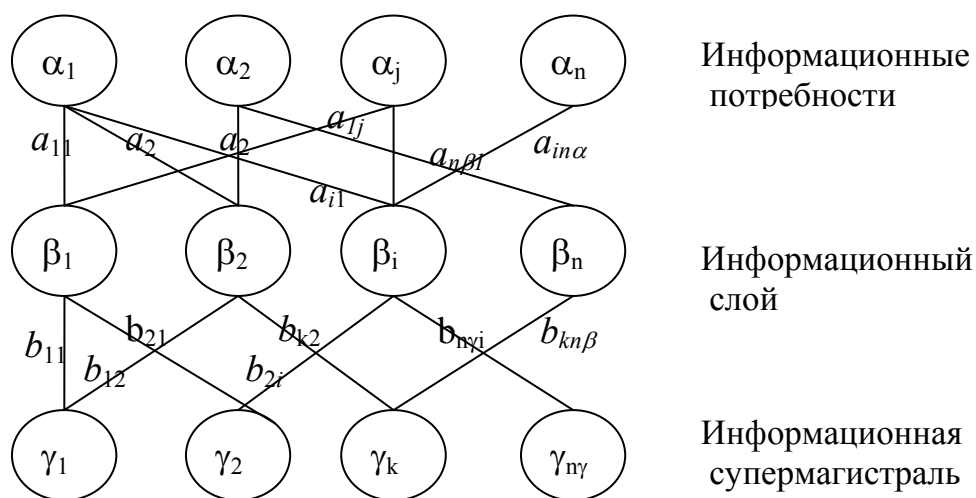


Рис. 1. Пример МРМ для информационной системы

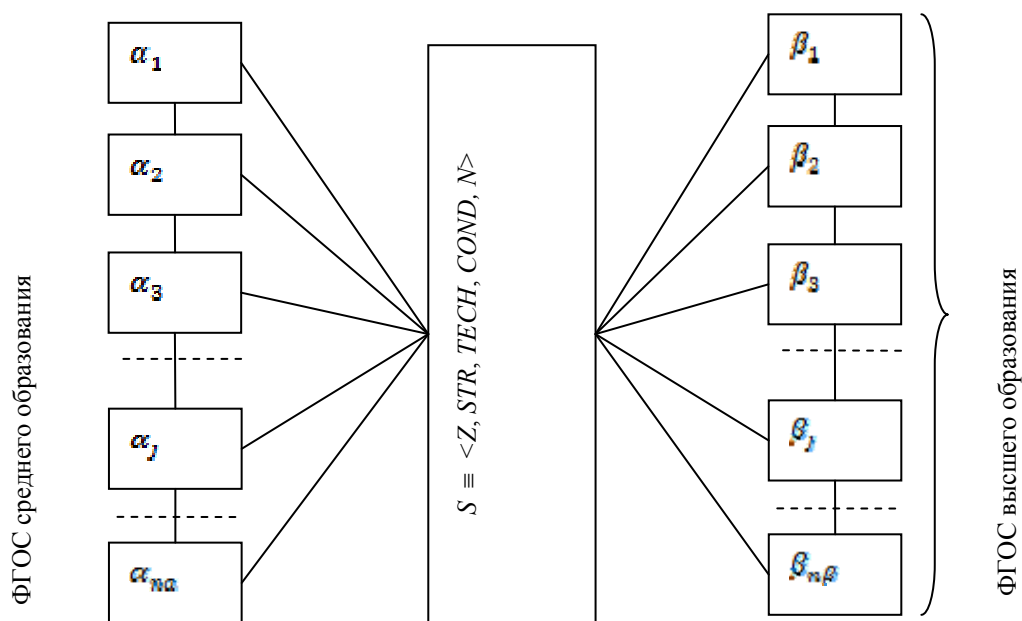


Рис. 2. Вариант представления МРМ

На начальном этапе работы в качестве элементов первой вертикальной страты «ФГОС среднего образования» условно можно считать официально выделенные стандартом пункты, определяющие свойства ученика и выпускника. Слева располагаются ранее определенные компетенции бакалавра, необходимые для его дальнейшего развития в рамках учебы или работы.

Таким образом, МРМ сводится к сопоставлению отдельных, заранее определенных, элементов ФГОС двух ступеней образования. (см. рис. 3).

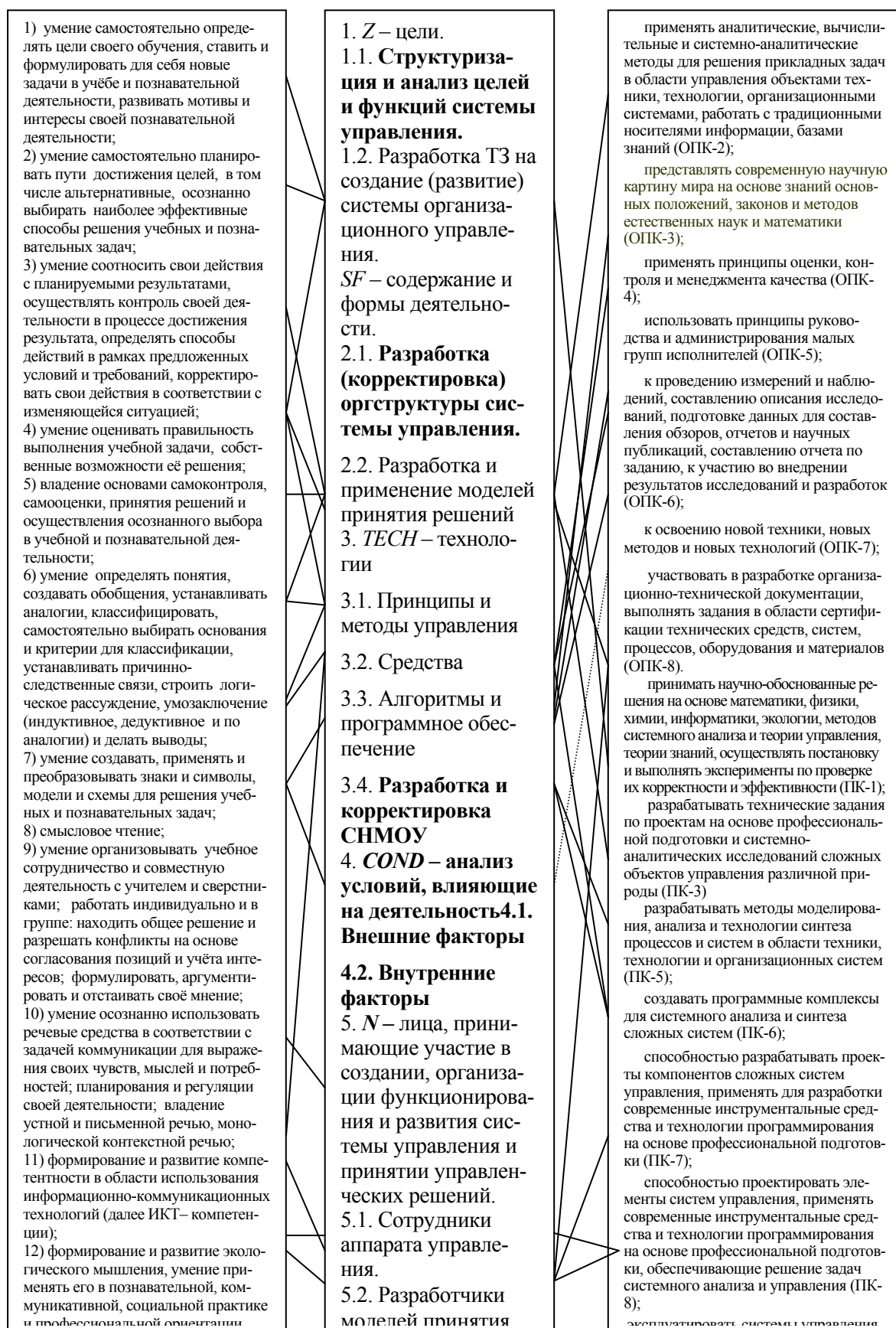


Рис. 3. МРМ для анализа ФГОС в системе образования

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать некоторые общие выводы.

1. Сопоставление требований позволит создать более полный набор компетенций для выпускника школы-абитурианта-бакалавра, позволит создать общую научно-практическую базу для этих трех групп учащихся, что, в свою очередь, поможет получить более квалифицированных специалистов.
2. Согласно Федеральному закону «система образования создает условия для непрерывного образования посредством реализации основных образовательных программ», представленный способ отображения МРМ позволяет отследить соблюдение этих условий, а также выявить «узкие места»
3. С учетом проведенного анализа и текущей работы следует рассмотреть соблюдение условий в системе образования с точки зрения различных аватаров и сопоставить полученные результаты.

Список литературы:

1. Волкова В.Н. Теория систем: учебник: / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. — М.: Изд-во Юрайт, 2015. — 462 с. Серия 58: Бакалавр. Академический курс. (2-е изд., пер. и доп.).
2. Модели и автоматизированные технологии для разработки учебных планов / Волкова В.Н., Ефремов А.А., Логинова А.В., Кабинетская Д.А., Тамбаум М.А. // Открытое образование. 2016. Т. 20. № 6. С. 51-58.
3. Модель «Школа - колледж - вуз - предприятие» [13] / Волкова В.Н., Голуб Ю.А. // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XVIII Международной научно-практической конференции. 2014. с. 208-211
4. Модель «Школа - колледж - ВУЗ - предприятие» как основа повышения привлекательности и качества инженерного образования / Волкова В.Н., Голуб Ю.А. // В сборнике: Университеты и их роль в социально экономическом развитии регионов сборник материалов XX Академических чтений Международной академии наук высшей школы. 2014. С. 55-58.
5. Модель «ШКОЛА - КОЛЛЕДЖ - ВУЗ - ПРЕДПРИЯТИЕ» как основа инновационного и технологического развития инженерного образования / Волкова В.Н., Голуб Ю.А., Макарова И.В. // В сборнике: Россия: тенденции и перспективы развития Ежегодник. ИНИОН РАН. Москва, 2015. С. 462-465.
6. Научно-педагогическая школа «Системный анализ в проектировании и управлении» / Козлов В.Н., Волкова В.Н. // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении Сборник научных трудов XIX Международной научно-практической конференции. 2015. С. 5-16.
7. Электронный ресурс: <http://минобрнауки.рф/documents/938>.

УДК 303.7032.4

Афанасьева Ольга Владимировна¹

канд. техн. наук, доц. кафедры системного анализа и управления

Вилинская Мария Андреевна²

магистрант 2 курса экономического факультета

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ И МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ
ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-
СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЦЕНТР
ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ
МЕДИЦИНСКОГО ПРОФИЛЯ»)**

г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет,

Saint Petersburg, Saint Petersburg mining university

E-mail 1- OVAf@rambler.ru; 2- dmitraleksee@yandex.ru

Аннотация. В работе приведены результаты применения методов системного анализа при моделировании и оценке основных характеристик работы сложной организационной системы. Исследования проводились на примере Санкт-Петербургского государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Центр последипломного образования специалистов медицинского профиля». Полученные в работе результаты использованы при планировании и составлении штатного расписания отдела комплектования, оптимизации работы отдела и Центра в целом, а также при планировании потребностей в медицинском персонале.

Ключевые слова: Анализ, модель, оценка, прогноз, система массового обслуживания, теория принятий решений.

Olga V. Afanasyeva¹,

Cand. Tehn. of Sciences, Associate Professor
Department of System Analysis and Management

Maria Vlindkaja²,

Student in the master's program

**STUDY OF DIRECTIONS AND MODELS OF DEVELOPMENT OF
THE ORGANIZATION BASED ON INFORMATION-STATISTICAL
ANALYSIS (ON THE EXAMPLE OF ST. PETERSBURG STATE**

BUDGETARY ESTABLISHMENT OF ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION «POSTGRADUATE EDUCATION CENTER OF THE MEDICAL PROFESSION»

Saint Petersburg, Saint Petersburg mining university
E-mail 1- OVAf@rambler.ru; 2- dmitraleksee@yandex.ru

Аннотация. In the work results of application of methods of the system analysis at modeling and an estimation of the basic characteristics of work of the difficult organizational system are resulted. The research was conducted on the example of the St. Petersburg State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education «Postgraduate education center of the medical profession». The results obtained in the work are used in planning and drafting the staffing table of the recruitment department, optimizing the work of the department and the Center as a whole, and also in planning the needs for medical personnel.

Keywords: Analysis, model, assessment, forecast, queuing system, decision-making theory

Высокий уровень конкуренции на современном рынке вынуждает компании обращать более пристальное внимание на стандартизацию и оптимизацию бизнес-процессов.

Стандартизация процессов необходима, прежде всего для того, чтобы обеспечить комфортную обстановку в подразделении для клиентов, а также для того, чтобы облегчить администрации подразделения управление персоналом, объективно по единой шкале оценивать его работу, исключить случаи ошибок субъективного характера.

Известно, что моделью, отражающей поведение системы и изменения ее состояния во времени при заданных потоках требований, поступающих на входы системы, может быть имитационная модель системы массового обслуживания. Выходными параметрами таких моделей являются величины, характеризующие свойства системы (качество её функционирования), например такие, как: коэффициенты использования каналов обслуживания; максимальная и средняя длина очередей в системе; время нахождения требований в очередях и каналах обслуживания и т.д [3, С.321-357; 4, С. 104-112].

Объектом исследования является процесс поступления заявок в отдел комплектования СПб ГБУ ДПО «ЦПО СМП».

Цель работы заключается в системном анализе деятельности Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения дополнительного профессионального образования «Центр последипломного образования специалистов медицинского профиля», который прово-

дит профессиональную переподготовку и повышение квалификации для лиц старше 18 лет и имеющих среднее профессиональное или высшее медицинское образование по направлениям и специальностям утверждённым приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16.04.2008 года № 176н.

Обучение проводится согласно календарно-тематического плана, утверждённого Комитетом здравоохранения по заявкам медицинских учреждений, занятия для слушателей по повышению квалификации и профессиональной переподготовки проходят с отрывом от работы в Центре и на базах практического обучения г. Санкт-Петербурга. По заказу организаций медицинских учреждений осуществляются выездные циклы без отрыва от работы.

Также Центром проводится оказание платных образовательных услуг (переподготовка/повышение квалификации).

В Центре за 2016 год проведено 416 циклов повышения квалификации и профессиональной переподготовки на которых отучились 10146 слушателя на бюджетной основе и 1957 на хозрасчётной [1, С.71-73].

В данной работе рассматривался отдел комплектования Центра последипломного образования, где работают два инспектора по учебной работе и лаборант.

Рассмотрев статистические данные по количеству слушателей обучающихся на циклах повышения квалификации Отделения № 1 за последние 12 месяцев, то есть с января 2016 г. по апрель 2017 г. На основе исследования количества слушателей по каждому циклу в отдельности, были построены пять прогнозных моделей [2, С.127-132]. Их анализ показал, что оптимальной прогнозной моделью для будущего цикла "Сестринское дело в стоматологии" является гиперболическая модель I типа, для цикла "Современные методы клинических исследований в лабораторной диагностике" является степенная модель, для цикла "Первичная медико-санитарная помощь детям" является гиперболическая модель I типа, для цикла "Охрана здоровья детей и подростков. Медицинская сестра образовательных учреждений" является линейная модель, для цикла "Организация сестринского дела" является также линейная модель. Интервальный прогноз по всем исследуемым направлениям приведён в таблице 1.

В результате проведённого анализа выявлены следующие тенденции:

- Процент числа слушателей обучающихся на цикле повышения квалификации "Сестринское дело в стоматологии" практически не изменится, но возможно уменьшение. На цикле № 16 ожидается уменьшение на 10%.
- Процент числа слушателей обучающихся на цикле повышения

квалификации "Современные методы клинических исследований в лабораторной диагностике" увеличится, но незначительно. На цикле № 16 ожидается увеличение количество слушателей на 23%.

-Процент числа слушателей обучающихся на цикле повышения квалификации "Первичная медико-санитарная помощь детям" практически останется прежним. На цикле № 16 ожидается увеличение на 12%.

- Процент числа слушателей обучающихся на цикле повышения квалификации "Охрана здоровья детей и подростков. Медицинская сестра образовательных учреждений" немного увеличится. На цикле № 16 ожидается увеличение на 25%.

-Процент числа слушателей обучающихся на цикле повышения квалификации "Современные аспекты организации сестринского дела" возрастет. На цикле № 16 ожидается увеличение количества слушателей на 28%.

Таблица 1

Ожидаемый уровень

Название цикла повышения квалификации	период	Интервальные значения прогноза	Нижняя граница	Верхняя граница
Сестринское дело в стоматологии	На 16 цикл	$\hat{y}_{16} = 24 \pm 4$	20	27
Современные методы клинических исследований в лабораторной диагностике	На 16 цикл	$\hat{y}_{16} = 32 \pm 9$	23	41
Первичная медико-санитарная помощь детям	На 16 цикл	$\hat{y}_{16} = 29 \pm 4$	25	32
Охрана здоровья детей и подростков. Медицинская сестра образовательных учреждений	На 16 цикл	$\hat{y}_{16} = 40 \pm 6$	33	46
Современные аспекты организации сестринского дела	На 16 цикл	$\hat{y}_{16} = 23 \pm 3$	20	26

Проведена экстраполяция полученной зависимости и осуществлено прогнозирование изменения количества заявок, показавшая, что в ближайшее время их объём будет расти, также осуществив экстраполяцию полученных зависимостей и прогнозирование изменения спроса, можно

сделать вывод, что в ближайшее время количество слушателей вырастит в среднем по каждому циклу на 17%, что приведёт к повышению загруженности сотрудников.

Проведённые исследования позволили рассчитать среднюю пропускную способность за час отдела комплектования Центра, проанализировать динамику загруженности сотрудников и дать оценку эффективности работы каждого сотрудника.

Применив методы принятия решений в условиях неопределенности для исследования направлений развития Центра, были рассмотрены критерии принятия решений и сделан вывод [5, С.78-113]. В результате проведённого анализа, были предложены три варианта для изменения сложившейся ситуации в лучшую сторону. Были опрошены шесть независимых экспертов и предложены три варианта решения поставленной задачи: ввести дополнительную ставку; увеличить зарплату инспекторам; оставить все как есть.

Для их оценки и выбора наиболее результативной стратегии был использован следующие критерии: критерий среднего выигрыша; критерий Лапласа; критерий Вальда; критерий «max - max»; критерий Гурвица и критерий Сэвиджа.

Анализ показал, что по минимаксному критерию выбран вариант – ввести дополнительную ставку.

По критерию Сэвиджа выбран вариант - оставить всё как есть, что говорит о том, что исключаются риски.

По критерию Байеса-Лапласа вариант - оставить все как есть.

По критерию Гурвица вариант - оставить все как есть.

По критерию среднего выигрыша наилучшим вариантом является вариант - оставить всё как есть.

По критерию Вальда оптимальным вариантом является - оставить всё как есть.

Рассмотрев работу отдела комплектования Центра последипломного образования как систему массового обслуживания, были получены показатели эффективности, которые показывают, что система устойчива при работе 3-х каналов, заявка проходит обслуживание быстро и очередь не образуется.

По результатам были получены следующие показатели эффективности представленные в табл. 2.

Из таблицы 2 видно, что данная система является устойчивой и рентабельной, так как среднее время ожидания и вероятность того, что заявка получит отказ, сравнительно небольшие.

Прогнозирование так же показало, что данная система справляется с нагрузкой, однако, количество заявок приближается к насыщению.

К примеру: вероятность отказа от заявки в обслуживании равняется 0,57. Среднее время ожидания 0,695 часа. Но, не смотря на то, что все инспектора заняты (среднее число занятых инспекторов $2,68=3$) система к концу рабочего дня успевает рассмотреть и обработать все поступившие заявки.

На основе полученных данных сделано предложение о рациональной организации работы Центра в целом, в зависимости от изменения значений перечисленных выше факторов, например увеличение числа сотрудников, либо ещё большей автоматизации документооборота, например организации электронной подачи заявления.

Таблица 2

Показатели эффективности работы СМО

Показатели эффективности СМО	Одноканальная система массового обслуживания с отказами при работе одного инспектора по учебной работе	Одноканальная СМО с ограниченной длиной очереди при работе одного инспектора по учебной работе	Одноканальная СМО с неограниченной длиной очереди при работе одного инспектора по учебной работе	Многоканальная СМО с отказами при работе двух инспекторов по учебной работе	Многоканальная СМО с ограниченной длиной очереди при работе двух инспекторов по учебной работе	Многоканальная СМО с неограниченной длиной очереди работают два инспектора по учебной работе и лаборант
Интенсивность потока обслуживания (μ)	3,03	3,03	3,33	3,33	3,33	12
Относительная пропускная способность (Q)	0,43	0,722		0,10144	0,976	1
Вероятность отказа в обслуживании ($P_{отк}$)	0,57	0,278		0,89856	0,024	
Абсолютная пропускная способность (A)	1,72	2,888		0,40576	3,904	
Среднее число находящихся в системе заявок ($L_{сист}$)	4	2,78	6		5,83	1,294
Среднее время пребывания заявки в системе ($T_{сист}$)	1,03	0,695	1,5		1,46	0,108
Средняя длина очереди ($L_{оч}$)	5	11,561	7,2		4,66	0,094
Среднее время ожидания в очереди ($T_{ож}$)	1,36	2,89	1,8		1,17	0,0078
Среднее число занятых каналов ($\bar{k}_{зан}$)				0,1218	1,17	1,2

В заключении можно сказать, что использование методов системного анализа, позволяет решать различные прикладные задачи исследования эффективности работы системы любой сложности, а также позво-

ляет обоснованно вырабатывать рекомендации по повышению показателей эффективности путём улучшения отдельных параметров работы отдела в частности и организации в целом.

Список литературы

1. Афанасьева О.В. Информационно-статистический анализ деятельности организации (на примере СПб ГБОУ ДПО «Центр повышения квалификации специалистов со средним медицинским образованием № 1»)/ О.В. Афанасьева, М.А. Вилинская// Наука сегодня: постулаты прошлого и современные теории как механизм эффективного развития в условиях кризиса: сборник статей Международной научно-практической конференции, 25-26 марта 2016 года. - СПб.: Изд-во «КультИнформПресс», 2016. С. 71-75.

2. Афанасьева О.В. Математические методы системного анализа и теории принятия решений: учебное пособие/ О.В. Афанасьева, Д.А. Первухин.- СПб.: Изд-во ООО «СатисЪ», 2014.-148с.

3. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа/ В.Н.Волкова, А.А.Денисов.- СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. - 511 стр.

4. Математические методы системного анализа и теории принятия решений: Учебное пособие / О.В. Афанасьева, Д.А. Первухин. – СПб.: Изд-во ООО «СатисЪ», 2014. –148с.

5. Теория и методы прогнозирования: Учебное пособие / О.В. Афанасьева, Д.А.Первухин. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2014. – 137 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	5
<i>Васильев Ю. С., Козлов В. Н., Волкова В. Н.</i> КИБЕРНЕТИКА – ТЕОРИЯ СИСТЕМ – КИБЕРФИЗИКА	5
<i>Игнатьев М. Б., Катермина Т. С.</i> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СТРУКТУР	15
<i>Alexankov A. M., d'Ascenzo Fabrizio, Pokrovskaia N. N.</i> THE MANAGEMENT FOR CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 AND REGULATORY MECHANISM	25
<i>Черный Ю.Ю.</i> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМ ИНФОРМАТИКИ И ДИСЦИПЛИН ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННОГО ЦИКЛА	31
<i>Тарасенко Ф. П.</i> ПРЕПОДАВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ ДОЛЖ- НО СТАТЬ ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ ВО ВСЕХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ	49
<i>Москинова Г. И.</i> ЦЕЛЕ- И ЦЕННОСТНООРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ	60
<i>Панкратова Н. Д., Панкратов В. А.</i> СТРАТЕГИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	75
<i>Горелова Г. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЦЕЛЕВЫХ ПРОГРАММ	82

Кукор Б. Л. СУЩНОСТЬ ПОНЯТИЯ «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ» И «СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ»	92
Кацко И. А.; Величко П. Ю., Савенко А. В. К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ В СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ	100
J.-E. Andreassen THE VALUE SHOP CONFIGURATION DEPENDENCE ON A USER-PRODUCER RELATIONSHIP – A SYSTEM ANALYSIS	106
Leon Bazil GAMING EXPERIMENTS ON EFFICIENCY OF SYSTEM OF SYSTEMS (SOS) DEVELOPMENT	128
Макареня Т. А., Назаренко Г. П. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ПЛАНИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КРЫМА	132
Долятовский В. А., Долятовский Л. В. Гамалей Я. В. СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В ОРГАНИЗАЦИИ	136
Z. Bober, M. B. Ignatyev SYSTEM ANALYSIS OF PROBLEMS OF THE FAMILY ON THE BASIS OF THE LINGUO-COMBINATORIAL SIMULATION	143
Волкова В. Н. ЭМЕРДЖЕНТНОСТЬ, СИНЕРГИЯ ИЛИ КОНВЕРГЕНЦИЯ?	149
Секция 1. ОБЩЕТЕРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА	161
Фирсов А. Н. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК КЛЮЧ К МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА	161
Козлов В. Н. СИНТЕЗ ОГРАНИЧЕННЫХ УПРАВЛЕНИЙ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	170

Фирсов А. Н. ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ МАЛЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ ЕЁ ПАРАМЕТРОВ	173
Козлов В. Н., Ефремов А. А., Тросько И. У. К СПЕКТРАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ ХАОТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	181
Москинова Г. И. СИТУАЦИИ И ЗАДАЧИ ЦЕННОСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ. ИСТОЧНИКИ И ПРИРОДА ЦЕННОСТЕЙ	188
Десятирикова Е. Н., Елесютикова В. С., Суликаева А. С. АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	197
Туккель И. Л., Цветкова Н. А., Коваленко Н. О. О СТРУКТУРЕ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ	203
Моргунов Е. П., Моргунова О. Н. ОБЗОР РУССКОЯЗЫЧНЫХ НАИМЕНОВАНИЙ МЕТОДА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ DATA ENVELOPMENT ANALYSIS	208
Сорокин А. Б., Лобанов Д. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СИТУАЦИОННО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА..	218
Гаврилова Т. А., Страхович Э. В. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ	226
Кубельский М. В., Кудрявцев Д. В. КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕНЕДЖМЕНТЕ: СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО МЕЖДУ ВЕРБАЛЬНЫМ ОПИСАНИЕМ И ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛЬЮ	234
Сидорова Л. Е., Сидоров С. В., Шарафутдинов Р. Я. О ФОРМАЛИЗАЦИИ И СПОСОБЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЛЬШОЙ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРОТИВОРЕЧИЯМИ	242
Vasilyev K. CURRENT TRENDS IN DEVELOPMENT OF HYDROINFORMATICS TOOLS	252

Логинова А. В., Смолина Е. М. МНОГОУРОВНЕВЫЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ...	258
Кудрявцева А. С. МОДЕЛИ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ИННОВАЦИЙ ДЛЯ АО «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»	265
Микеладзе Б. Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ НА ПРИМЕРЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ	27
Саитова Г. А., Гавдис Н. А. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РИТМОВ ГОРМОНОВ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ.....	281
Секция 2 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ИССЛЕДОВАНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	289
Ефремов А. А. МОДИФИЦИРОВАННАЯ СТРУКТУРНО-ИНВАРИАНТНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕДИНЕНИЙ	289
Кислицына И. А., Малыхина Г. Ф. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА НА ЛУННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ	294
Gubin M., Ignatyev M. B. THE PROBLEM OF THE EXTERNAL CONTROL OF DRIVING OFFENDERS' VEHICLES TO IMPROVE ROAD SAFETY	298
Гунделах Ф. В., Станкевич Л. А. КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ МОЗГА В НЕИНВАЗИВНОМ ИНТЕРФЕЙСЕ «МОЗГ – КОМПЬЮТЕР	305

Ломакина Л. С., Сильянов Н. В., Надежкин М. А. СИСТЕМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	314
Нагорный В. С., Колодяжный Д. Ю., Саженов Н. А. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ OPENFOAM РАСПАДА СТРУИ ЖИДКОСТИ В ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАСПЫЛУ ТОПЛИВА В АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЯХ	321
Похилько А. Ф., Цыганков Д. Э. ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЯ НАБОРОМ СМЫСЛОВЫХ МАКРООБЪЕКТОВ В САД-СИСТЕМЕ	331
Белоусов В. Е., Димёхин А. В., Игошкина А. И. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ РЕМОНТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗМЫТОЙ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	335
Десятирикова Е. Н., Нурыев О. А., Курдюков В. А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ С ЗАДАННЫМ АЛГОРИТМОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	339
Смольянинов А. В., Сакулина А. Ю., Козьяков В. Б. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТИ	343
Гаршина В. В., Десятириков Ф. А., Мыскова Е. В., Болгов Д. Н. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ РАСЧЕТА ДИАМЕТРОВ И ДЛИН ОДНОСЛОЙНЫХ ТРУБОК ИЗ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО ПОЛОТНА	348
Смольянинов А. В., Саранцева А. А., Веденеев Д. С. ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ..	353
Чепелев С. А., Иварлак К. Д., Сингур К. А. ВЫЯВЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА	357

Добролюбов В. И., Толстов Ю. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ	361
Секция 3 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ ПОДГОТОВКОЙ КАДРОВ И ОБРАЗОВАНИЕМ	367
Халин В. Г., Чернова Г. В. МОДЕЛИ УНИВЕРСИТЕТОВ-МИРОВЫХ ЛИДЕРОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РОССИЙСКОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	367
Чапайкина М. Д., Калмыкова С. В., Широкова С. В. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТОМ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ В КЛАССИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ (НА ПРИМЕРЕ ФГАО ВО СПБПУ ПЕТРА ВЕЛИКОГО)	375
Ребус Н. А., Романова Е. В. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ И ТЕНДЕНЦИИ ЕГО РАЗВИТИЯ В ОБРАЗОВАНИИ	383
Тунда Е. А. ОБ ИНТЕРАКТИВНЫХ ФОРМАХ ОБУЧЕНИЯ	389
Поздеева Е. Г. САМООРГАНИЗАЦИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ: АКТОРНО-СТРУКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ	395
Новицкий В. О., Аитов В. Г., Чекин И. И. СОЗДАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ И НАУЧНЫМ ПРОЦЕССАМИ ВУЗА	401
Калугян К. Х., Мирошниченко И. И. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОНЯТИЙНОГО КОНТЕНТА ДИСЦИПЛИН НА ОСНОВЕ ТЕЗАУРУСНОГО ПОДХОДА	413

Кудаков А. В. СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ	418
Белоусов В. Е., Романов А. В., Ушаков А. Н. КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ	425
Хлудова М. В., Шмаков В. Э. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА «МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ»	430
Нестеров С. А. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЕРВОГО ПРОВЕДЕНИЯ КУРСА «БАЗЫ ДАННЫХ» С ПРЕПОДАВАНИЕМ ОТДЕЛЬНЫХ ТЕМ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ	435
Голуб Ю. А. АНАЛИЗ СТАНДАРТОВ ФГОС ВПО И ФГОС ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	443
Афанасьева О. В., Вилинская М. А. ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ И МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО- СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (НА ПРИМЕРЕ САНКТ- ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЦЕНТР ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ МЕДИЦИНСКОГО ПРОФИЛЯ»	450

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ

Сборник научных трудов
XXI Международной научно-практической конференции
29–30 июня 2017 года

Часть 1

Сборник подготовили:
В. Н. Волкова, А. В. Логинова, Л. М. Папина

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 — научная и производственная литература

Подписано в печать 23.06.2017. Формат 60×84/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 29,0. Тираж 40. Заказ 15695b.

Отпечатано с готового оригинал-макета,
предоставленного организаторами конференции,
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.